

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ І.Р. Пархомей
(підпис)

“ ____ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

на тему: Планування траєкторії мобільного робота в умовах невизначеного навколишнього середовища

Виконав: студент другого курсу, групи ІК-81мп
(шифр групи)

_____ Шевченко Микола Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доцент Ткач М.М. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант НК к.т.н., доцент, Пасько В.П. _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ І.Р. Пархомей

(підпис)

«___» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Шевченку Миколі Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації : Планування траєкторії мобільного робота в умовах невизначеного навколишнього середовища,

науковий керівник дисертації доц к.т.н. Ткач М.М. ,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «28» Жовтня 2019 р. № 3770-с

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: Система переміщення мобільного робота

4. Предмет дослідження: Модуль планування траєкторії переміщення

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз існуючих систем планування траєкторії переміщення мобільного робота, аналіз основної структури системи планування переміщення мобільного робота.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: шість плакатів

7. Орієнтовний перелік публікацій: дві публікації

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
НК	Пасько В.П., доцент		
Перевірка на співпадіння	Лісовиченко О.І., доцент		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз предметної області	12.09.2019	
2	Постановка задачі	15.09.2019	
3	Аналіз існуючих систем	22.09.2019	
4	Аналіз структури систем планування траєкторії	15.10.2019	
5	Розробка рекомендації щодо проектування мобільного робота	12.11.2019	
6	Висновки	16.11.2019	

Студент

(підпис)

Шевченко М.О.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Ткач М.М.

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуто проблему в області орієнтування мобільного робота в невизначеному середовищі, показано основні особливості існуючих рішень та додатків, їх переваги та недолік.

При орієнтації робота в невизначеному середовищі мало лише визначити перешкоди на шляху, потрібно також сформувати карту області та побудувати маршрути переміщення та змінювати їх базуючись на навантаженні обраного маршруту, якщо мобільних робот працює у групі.

Визначено завдання для модуля планування траєкторії мобільного робота в умовах невизначеного навколишнього середовища, обрано алгоритм який найбільше підходить до даної задачі.

Цей модуль надає можливість мобільному роботу сканувати навколишнє середовище для відправки даних на центральних сервер, який формує карту, маршрути та навантаження на них базуючись на обраному алгоритмі. Описано структуру обраного алгоритму та його переваги.

Ключові слова: мобільних робот, алгоритм, невизначене середовище, база даних.

Розмір пояснювальної записки – 85 аркушів, містить 11 ілюстрацій, 26 таблиць, 7 додатків.

ABSTRACT

The paper deals with the problem of targeting a mobile robot in an uncertain environment, shows the main features of existing solutions and applications, their advantages and disadvantages.

In orientation, working in an undefined environment is not only about identifying obstacles on the way, it is also necessary to generate a map of the area and construct routes of movement and change them based on the load of the chosen route, if mobile robots work in a group.

The task for the module of planning of a trajectory of a mobile robot in the conditions of an uncertain environment is determined, the algorithm which is most suited to this task is selected.

This module enables the mobile robot to scan the environment to send data to a central server, which maps, routes and loads them based on the selected algorithm. The structure of the selected algorithm and its advantages are described.

Keywords: mobile robots, algorithm, undefined environment, database.

The size of the explanatory note is 85 sheets, contains 11 illustrations, 26 tables, 7 appendices.

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації**

на тему: “Планування траєкторії мобільного робота в умовах
невизначеного навколишнього середовища”

Київ — 2019 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ..	12
1.1 Поняття робототехніки та мобільного робота.....	12
1.2 Підсистема системи переміщення мобільного робота.....	14
1.2.1 Блок первинної обробки.....	14
1.2.2 Інформаційно – вимірювальна система.....	16
1.2.3 База алгоритмів та база знань.....	19
1.2.4 Система управління поведінкою та переміщення.....	20
1.3 Групове управління інтелектуальними роботами.....	20
1.4 Постановка задачі.....	22
Висновок до розділу.....	23
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ СПОСОБІВ ОРІЄНТУВАННЯ РОБОТА У ПРОСТОРИ.....	24
2.1 Навігація і переміщення в просторі з рухомими перешкодами.....	24
2.2 Завдання автоматичного повернення робота.....	29
2.3 Нечітка модель ситуації.....	34
Висновок до розділу.....	37
РОЗДІЛ 3. ОПИС МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ.....	38
3.1 Методи на основі графів.....	39
3.2 Методи на основі клітинної декомпозиції.....	40
3.3 Методи потенційних полів.....	42
3.4 Оптимізаційні методи.....	44
3.5 Методи на інтелектуальних алгоритмах.....	45
Висновки до розділу.....	51
РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	52
4.1 Серверна частина.....	52
4.2 Засоби комунікації мобільних роботів.....	53
Висновки до розділу.....	54

РОЗДІЛ 5. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	55
5.1 Опис ідеї проекту	57
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту	58
5.3 Розробка ринкової стратегії	70
Висновки до розділу	73
ВИСНОВОК	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76
ДОДАТКИ	78

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БД – база даних

СУБД – Система управління базами даних

ПЗ – програмне забезпечення

SQL – Structured Query Language

ORM – Object-Relational Mapping

UML – Unified Modeling Language

MAP – Mean Average Precision

ВСТУП

Сучасні мобільні роботи можуть самостійно переміщатися в навколишньому просторі і виконувати необхідні дії за допомогою маніпуляторів. Робот оснащений системою технічного зору і комплексом інформаційних датчиків, здатних сформувати комплексне уявлення про поточну ситуацію. База знань робота, дозволяє йому самостійно орієнтуватися в навколишньому середовищі і приймати рішення про дії, необхідних для вирішення поставленого завдання. Таким чином, маніпуляційний мобільний робот являє собою «інтелектуальну» технічну систему, здатну до автономного поведінки. Проте, в більшості завдань, які виконуються в заздалегідь не визначених умовах і пов'язаних з високою «ціною» помилки при невірних діях, як і раніше передбачається участь людини–оператора в управлінні роботом.

Застосування робототехніки в різних додатках, пов'язаних з вирішенням спеціальних завдань, вимагає максимальної спрощення способів взаємодії людини і робота. Найбільш природним способом такої взаємодії є мовне діалогове управління. Завдання управління роботом з боку оператора в цьому випадку включає діалог на проблемно–орієнтованому мовою, близькою до природному, і спостереження за діями робота. Постановка завдання про управління в цьому випадку видозмінюється, оскільки робот стає вже не об'єктом управління, а технічним суб'єктом–партнером, здатним самостійно визначати свої підзадачі і лінію поведінки в інтересах спільної справи, поставленої оператором. Роль зворотного зв'язку в системі діалогового управління виконують мовні повідомлення робота оператору, що мають на меті уточнення команд, інформування оператора про поточну ситуацію, або про досягнення поставленої мети.

Особлива роль у вирішенні завдань управління автономними роботами належить інформаційно – сенсорної системи, яка повинна самостійно аналізувати поточну ситуацію, планувати свої дії і при цьому взаємодіяти з людиною–оператором мовою, близькою до природної мови. Вона повинна

самостійно шукати і виявляти небезпечні предмети, вільно переміщатися в просторі, в якому можуть знаходитися і інші рухомі об'єкти. При втраті зв'язку з оператором робот повинен самостійно, використовуючи отриману і отриману інформацію про зовнішній світ, повернутися назад на вихідну позицію.

Управління автономним роботом з боку оператора набуває нового характер. Це вже не безпосереднє управління рухом, а постановка завдань. Оскільки умови виконання завдань не завжди дотримуються, управління набуває характеру діалогу між людиною і інтелектуальною системою управління. Остання приймає рівноправну участь в плануванні операцій і прийнятті рішень. Такого роду роботи технічні системи називають системами кооперативного управління .

Область застосування автономних роботів дуже широка. Це пошук та знешкодження небезпечних об'єктів, завдання радіаційної та хімічної розвідки, робота в зоні техногенних і природних катастроф. Такі роботи технічні системи знаходять застосування і в цивільній сфері в якості сервісної робототехніки. Сервісні роботи вже з'явилися і успішно виконують функції обслуговування відвідувачів в музеях, аеропортах, магазинах. Особливо важливо застосування сервісних роботів в медичних закладах, в тому числі, в якості засобу реабілітації пацієнтів. Активно використовуються сервісні роботи телеприсутності, що дозволяють віддалено перебувати в приміщенні і переміщатися по ньому, спостерігаючи те, що відбувається навколо відеокамерою робота.

Практичне застосування автономних мобільних роботів призвело до необхідності одночасної участі у виконанні поставлених завдань не одного, а групи взаємодіючих роботів. Теорія групового управління інтелектуальними роботами знаходиться на початковій стадії свого розвитку. Проте, певні результати отримані і в цій області.

РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1. Поняття робототехніки та мобільного робота

Робототехніка – наукомістка інженерна галузь, надзвичайно інтенсивно розвивається в усіх країнах, що піклуються про свою технологічну конкурентоспроможність, здоров'я своїх громадян, безпеки і комфортності їх життя. Робототехнічні системи – база автоматизації сучасної промисловості, транспорту, медицини, військової справи, космонавтики та інших сфер діяльності людей. Промислові роботи давно стали звичним технологічним обладнанням на підприємствах автомобілебудування, авіабудування, суднобудування, приладобудування. Вони виконують різноманітні операції, серед яких точкова і дугове зварювання кузовів автомобілів, збірка виробів, обслуговування ковальсько – пресового устаткування, автоматичний контроль готової продукції. Роботи використовуються працівниками спецслужб для виявлення і знищення вибухових пристроїв, закладених терористами. Робототехнічні системи інтенсивно впроваджуються в медичну практику в якості обладнання для виробництва мінімально травмуючих хірургічних операцій і діагностики різних захворювань. Активно ведеться розробка і випуск на ринок роботів широкого вжитку для використання в побуті. Найбільш відомі приклади – робот – пиросос, автоматично виробляє прибирання приміщення, і робот-газонокосильщик. Можливо, недалекий той день, коли у продажу з'явиться недорогий універсальний обслуговуючий робот, який стане таким же звичним предметом побутової техніки, як пральна або посудомийна машина.

Успішний розвиток робототехніки вимагає міцної і глибокої наукової бази, яка створюється об'єднаними зусиллями вчених в області механіки, прикладної математики, теорії управління, інформатики. Незважаючи на значне відставання від провідних «роботовиробничих» країн, перш за все, від США і Японії, за кількістю випущених роботів і їх різноманітності, Росія займає гідне місце в світі по науковим розробкам в області робототехніки.

Результати українських вчених отримують визнання міжнародної наукової і інженерної громадськості, в тому числі в роботовиробничих країнах. Українські вчені регулярно запрошуються на найбільші наукові конференції з робототехніки з пленарними доповідями, їх статті друкуються в провідних міжнародних журналах, а книги видаються найбільшими видавництвами. Вони беруть участь у багатьох міжнародних проектах по перспективній робототехніці, що фінансуються науковими фондами різних країн, отримують міжнародні премії. Росія представлена у великій Міжнародній програмі по перспективній робототехніці (International Advanced Robotics Program – IARP). Ця програма орієнтована на проведення фундаментальних і прикладних досліджень в області механіки, вимірювально-інформаційних і керуючих систем роботів. Серед країн-учасниць цієї програми – такі визнані лідери світового роботобудування, як США, Японія і Корея.

Робот, як термін, можна розуміти так – багатофункціональний автомат для виконання механічної роботи, схожою на ту, що виконує людина. Коли створювалися початкові роботи і аж до нашого часу прикладом для них брали можливості людини. Думка про створення робота з'явилася після прагнення замінити людину на робота в важких і небезпечних для життя ситуаціях. З плином часу поняття робот стало ширше, під ним стали представляти будь-яку автоматичну машину, яка може замінити людину, і яке буде нагадувати його розумна поведінка.

Мобільний робот вміє пересуватися в робочому просторі відповідно до програми управління. Такі роботи необхідно програмувати заздалегідь. Повинна бути присутнім здатність самостійно орієнтуватися в навколишньому середовищі і здійснювати виконання завдання, спираючись тільки на власний штучний інтелект. Тому ці роботи і мають назву – мобільні, так як вони не прив'язані до оператора.

1.2 Підсистеми системи переміщення мобільного робота

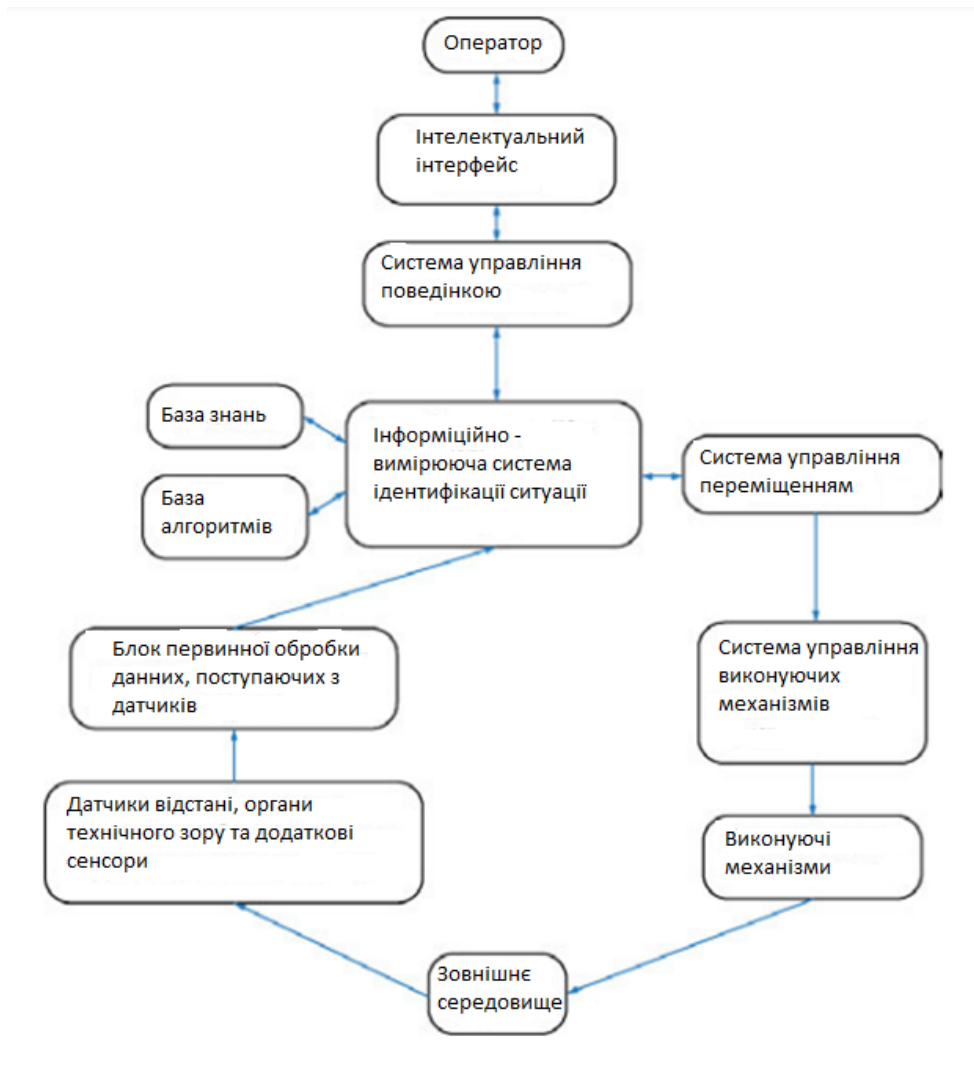


Рис.1.1. Структурна схема системи управління та ситуаційної інформації

1.2.1. Блок первинної обробки

Блок первинної обробки даних отримує необроблену інформацію з датчиків про стан зовнішньої середовища. У цьому блоці дані збираються, групувалися і піддаються обробці. На виході виходять відформатовані дані, що передаються по стандартних протоколах. Це необхідно для зручності підключення нових датчиків, і чіткої систематизації даних, що в подальшому полегшує роботу з даними.

Блок первинної обробки робить обробку і аналіз зображень, що надходять від оптико–електронних систем. З огляду на характер вирішуваних завдань, необхідно врахувати наступні обмеження та особливості:

- 1) інформація про характеристики фону і спостережуваних об'єктів найчастіше містить неточні розміри об'єктів або зовсім відсутній;
- 2) у зв'язку з обмеженістю часу на прийняття рішень і наявністю замкнутого контуру управління рухом обробка, аналіз і розпізнавання повинні виконуватися в реальному часі;
- 3) робота системи управління, стеження і обробки повинна проводитися за мінімальної участі людини або в автономному режимі.

У складних умовах, поліпшити якість сигналу і результату спостереження можна за допомогою алгоритмів оцінювання параметрів геометричних перетворень зображень і методів просторово–часової фільтрації.

Серед них можна виділити чотири основні методи:

- 1) Для вимірювання положення нерухомих і рухомих об'єктів, що спостерігаються на однорідному і неоднорідному тлі, використовуються методи на основі порівняння з еталоном.
- 2) Використовуючи інформацію про статистичні властивості об'єкта і фону можна виділяти рухомі і нерухомі об'єкти, які спостерігаються на порівняно однорідному фоні. Такі методи називаються методи статистичної сегментації.
- 3) При виявленні об'єктів на тлі ясного або хмарного неба максимальну ефективність показують методи виділення об'єктів за допомогою просторової фільтрації. Дані методи використовують операції лінійної та нелінійної просторової фільтрації зображень.
- 4) Методи виділення динамічних змін засновані на виділенні змін, що відбуваються з плином часу в спостережуваній групі зображень. Такі методи застосовуються при вирішенні задачі виділення рухомих об'єктів.

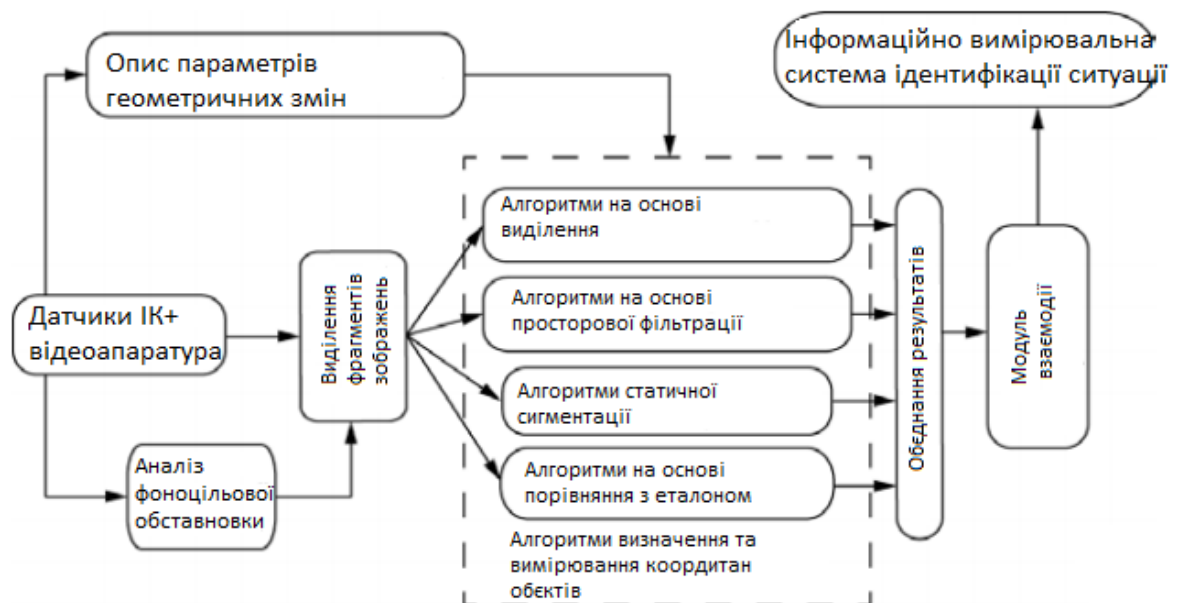


Рис.1.2. Структура програмно-алгоритмічного забезпечення оптико-електронної системи визначення об'єктів

На рис. 1.2. представлена структура системи виявлення об'єктів, яка включає перераховані вище концепції.

1.2.2. Інформаційно–вимірювальна система

Інформаційно–вимірювальна (або сенсорна) система робота призначена для автоматичного сприйняття, збору і перетворення інформації про внутрішній стан робота і зовнішнього середовища і передачі її в систему управління. Для забезпечення функціонального призначення інформаційно–вимірювальна система в загальному вигляді повинна містити пристрої зворотного зв'язку, пристрої перетворення та попередньої обробки інформації та лінії зв'язку. Головною функціональною складовою інформаційно–вимірювальної системи є пристрої зворотного зв'язку, або чутливі пристрої, призначені для активного контролю в процесі роботи параметрів стану робота та технологічного обладнання, а також зовнішнього середовища і об'єктів в робочій зоні щоб цілеспрямовано змінювати програмні дії робота шляхом передачі інформації в систему управління для формування там керуючих впливів. В цілому пристрою зворотного зв'язку включають системи:

1. контролю параметрів стану робота (положень і швидкостей переміщення робочих органів та елементів механізмів, зусиль в елементах, аварійної блокування, діагностики та прогнозування ресурсу роботи);
2. сприйняття і аналізу інформації про зовнішнє середовище (тактильної, візуальної, локаційної та ін.);
3. забезпечення техніки безпеки (реєстрації просторового положення самого робота і його окремих частин, місцезнаходження обслуговуючого персоналу і обладнання в робочій зоні). Первинну інформацію ці системи отримують від датчиків зворотного зв'язку, або чутливих елементів, які є найважливішими складовими частинами пристроїв зворотного зв'язку. Всі чутливі пристрої роботів так само, як і датчики, за своїм призначенням і важливістю справ можна розділити на два класи пристроїв внутрішнього стану робота (або внутрішньої інформації) і пристроїв параметрів зовнішнього середовища (або зовнішньої інформації).

Пристрої внутрішньої інформації призначені для контролю за функціонуванням механізмів і систем робота і управління його діями. Шляхом формування сигналів в ланцюг зворотних зв'язків по положенню і швидкості ланок маніпулятора, а також за сілі і моменту. Для виявлення і реєстрації параметрів, що характеризують внутрішній стан робота, – Положення і швидкості ланок маніпуляційної системи, зусиль та моментів, що виникають в них, – використовують різні датчики, що представляються перетворювачі механічних параметрів в електричні сигнали. До датчикам зворотного зв'язку висуваються такі вимоги:

1. малогабаритність та простота конструкції в зв'язку з необхідністю їх розміщення на схопи і других частин маніпуляторів;
2. висока надійність та стійкість перед перешкодою, включаючи можливість експлуатації в умовах електромагнітних перешкод, коливання напруги і частоти харчування;

3. стійкість до механічних впливів (ударів, вібрацій) и до Зміни параметрів навколишнього середовища (температури, вологості);
4. незалежність (розв'язка) вхідних та вихідних ланцюгів;
5. простота регулювання і обслуговування в умовах обмеженої площі обслуговування;
(точками))
6. наявність абсолютного відліку переміщень;
7. низька ціна. Датчики внутрішньої інформації, що застосовуються в промислових роботах, класифікуються за такими ознака.

По виду вихідного сигналу датчики діляться на безперервні (або Аналогові) и дискретні (або цифрові). В аналогових датчиках вихідний сигнал формується у виде Безперервна змінюються значень напруги або Струму (потенціометра) або фази напруги змінного Струму (сельсин або обертові трансформатори). У дискретних датчиках вихідний сигнал представляється цифровим кодом (кодові датчики) або у виде Серії імпульсів (імпульсні датчики), або у виде релейного сигналу.

Чутливі пристрої зовнішньої інформації призначені для активного контролю і виявлення параметрів стану об'єктів і зовнішнього середовища в робочій зоні робота: форми, розмірів, положення і орієнтації в просторі предметів, з якими працює робот; координат перешкод і параметрів збурень, що діють на ПР; параметрів зв'язків, що накладаються зовнішнім середовищем на об'єкти; різних специфічних властивостей зовнішнього середовища, врахування яких необхідне при виконанні конкретної технологічної операції.

При цьому під зовнішнім середовищем розуміють виробничу обстановку робочої зони робота, включаючи що знаходяться там предмети і об'єкти, в тому числі технологічне обладнання, інші роботи, предмети маніпулювання, а також людей. Чутливі пристрої зовнішньої інформації повинні мати високі надійність і точність, великий ресурс роботи. Крім того, вони повинні володіти малими габаритними розмірами і масою, а також достатню твердість, що забезпечує високу точність визначення положень. За

характером сприймають інформації все сенсорні пристрої роботів можна розділити на чотири основних види: слуху, дотику, нюху і зору. Сигнали, одержувані за допомогою цих пристроїв, є інформацію, що відповідає певному образу. В результаті її обробки можна виявити ті чи інші особливості об'єкта і навколишнього середовища. Найбільш ємну і важливу інформацію про зовнішнє середовище забезпечують зорові сенсорні пристрої.

По виду виявляються властивостей об'єктів чутливі пристрої зовнішньої інформації можуть бути розділені на три групи: виявлення геометричних, фізичних або хімічних властивостей об'єктів. Характерними представниками сенсорних пристроїв першої групи є вимірювачі координат (інформаційні лінійки, скануючі локатори і т.д.), системи технічного зору та ін. Друга група чутливих пристроїв найбільш об'ємна і різноманітна; тут, в першу чергу, слід назвати вимірювачі зусиль, щільності, пружності і т.д. До третьої групи відносяться пристрої для виявлення хімічних властивостей об'єктів і навколишнього середовища. По відстані сприйняття інформації сенсорні пристрої підрозділяються на чотири групи: найближчі (контактні), ближні в робочій зоні, далекі в робочій зоні і наддалекі (поза робочою зоною). Чутливі пристрої найближчої дії інформують про зіткненні з об'єктами і його характері. До них відносять датчики дотику, прослизання, зусиль і тисків. Чутливі пристрої ближньої дії повідомляють інформацію про об'єкти, що знаходяться в безпосередній близькості до робочих органів робота на відстанях від безпосереднього контакту до декількох міліметрів. До таких пристроїв відносяться різні безконтактні датчики, наприклад, локаційні сенсори, – далекоміри ближньої дії та ін.

1.2.3. База алгоритмів та база знань

У базі алгоритмів містяться математичні алгоритми для вибудовування на основі даних цільової сенсорної карти, розпізнавання навколишнього оточення і предметів (розпізнавання звукових образів і зображень, цифрова обробка сигналів), обчислення необхідних параметрів, і перевірка отриманих

даних. База знань являє інформацію про зовнішню середовищі, закладену на етапі навчання і придбану в процесі функціонування. Знання упорядковуються і оновлюються.

1.2.4 Система управління поведінкою та переміщення

Система управління поведінкою розбиває поставлене завдання на послідовність підзадач і формує поведінку робота для виконання завдань. Формує цільову точку, відповідні режими роботи інформаційно–вимірювальної системи ідентифікації. Від неї отримує дані про процес виконання і відображає їх користувачеві. Також надає користувачеві оброблену інформацію про ситуацію і сенсорну карту, отриману від інформаційно–вимірювальної системи ідентифікації.

Система управління рухом, з огляду на динамічні властивості робота і невизначеність середовища, формує значення швидкості руху і напрямку для здійснення поставлених цілей.

1.3. Групове управління інтелектуальними роботами

У загальному випадку задача групового керування роботами розбивається на ряд підзадач, серед яких можна виділити наступні:

1. визначення складу групи, здатної ефективно вирішити цільове завдання;
2. розподіл функцій між роботами для оптимального (Або близького до нього) рішення цільової завдання;
3. реалізація функцій окремими роботами для досягнення кінцевої мети.

Серед відомих підходів до вирішення завдання групового управління роботами можна виділити два діаметрально протилежні підходи. У першому випадку це завдання вирішується одним, зосередженим (центральним) пристроєм управління. У другому випадку рішення здійснюється розподіленою системою, що об'єднує пристрої управління окремих роботів групи. Надалі перший підхід будемо називати централізованим груповим керуванням, а другий підхід – децентралізованим груповим керуванням.

Якщо цільова завдання заздалегідь відома і повинна вирішуватися групою роботів в заздалегідь відомих умовах, то в цьому випадку до початку функціонування групи з використанням, наприклад, централізованого підходу можна визначити склад групи, визначити послідовність дій кожного робота групи. Роботи ж повинні тільки виконувати кожен свою послідовність дій.

Природно, в цьому випадку від роботів не потрібно ніякого інтелекту, досить здатності адаптуватися до зовнішнього середовища для відпрацювання дій. Якщо ж група роботів призначена для вирішення певного кола завдань і конкретне завдання заздалегідь невідома, то вирішити задачу групового управління описаним вище способом не представляється можливим. Так як в загальному випадку для вирішення конкретної цільової завдання можуть використовуватися не всі роботи групи, то для реалізації завдання групового управління повинні бути вирішені наступні підзадачі:

1. формування активної частини групи – кластера, як сукупності роботів, сформованої для досягнення тієї або іншої конкретної мети;
2. оптимальне (або близьке до нього) розподіл функцій між роботами групи, а також перерозподіл цих функцій при зміні ситуації;
3. реалізація функцій роботами, що входять в кластер.

Вирішення цих підзадач має здійснюватися групою роботів самостійно, точніше її системою групового управління (СГУ), яка повинна бути створена самою групою роботів. Тобто тут можна говорити про самоорганізацію групи роботів для вирішення поставленого цільової завдання. Для цього роботи групи, очевидно, повинні мати достатній рівень інтелекту, т. е. бути інтелектуальними.

За способом організації СГУ можна розділити на централізовані і розподілені. Найбільшого поширення в Останнім часом набувають розподілені СГУ, що реалізують децентралізований підхід до проблеми управління групою роботів. Переваги таких СГУ перед централізованими системами аргументовано обґрунтовані в роботах.

Прикладом використання розподілених СГУ може бути система управління групою мобільних роботів, які вирішують задачу картографування місцевості, що реалізує мультиагентний підхід, заснований на принципах «Ринкової економіки» і який використовується для організації взаємодії між роботами групи.

Розподілені СГУ будуються з безлічі пристроїв управління (УУ) окремих роботів групи, об'єднаних комунікаційними каналами. Тоді для наведеного вище випадку можна говорити і про самоорганізацію СГУ, так як з всього безлічі компонентів (пристроїв управління окремих роботів) в процесі формування кластера повинна бути виділена активна частина, яка бере участь в процесі управління роботами, що входять в кластер, при вирішенні цільової завдання. Причому склад цієї частини заздалегідь невідомий. нижче буде розглянуто спосіб побудови СГУ на основі мережевої моделі.

Як зазначалося вище, СГУ групи, перш за все, вирішує завдання організації кластерів групи, кожен з яких орієнтований на досягнення певної мети. Пристрої управління роботів кластера об'єднуються в СГУ кластера. В свою чергу, УУ роботів кластера, взаємодіючи один з одним, формують, також на основі самоорганізації, алгоритм своїх дій по досягненню мети.

1.4. Постановка задачі

Мобільні інтелектуальні роботи, що здатні працювати у групі мають ряд переваг перед звичайними роботами під час побудови карт великої нової місцевості та під час виконання робіт на великих робочих ділянках. Вони здатні виконувати роботу та відсилати на сервер більше даних, що полегшує роботу оператора та дозволяє дати команду зразу усій групі роботів.

Переваги використання групи мобільних роботів полягає в тому що:

1. Вони здатні швидко оцінити місцевість для побудовання карти місцевості

2. Група мобільних роботів здатна швидко виконувати роботу при умові, що вибрано вірний алгоритм який забезпечить правильне розподілення маршрутів для кожного з мобільних роботів.

Основою даної роботи є вибір оптимального алгоритму орієнтування та побудови маршруту робота, який в перспективі зможе працювати у групі мобільних роботів для виконання необхідних задач.

Висновок до розділу

В розділі описано предметну область, представлено підсистеми системи орієнтування мобільного робота та переваги використання групи інтелектуальних мобільних роботів. Виходячи з представлених даних поставлено мету щодо системи орієнтування мобільного робота у просторі шляхом розробки алгоритму, який дозволить мобільному роботу працювати у групі.

РОЗДІЛ 2: АНАЛІЗ ОСНОВНИХ СПОСОБІВ ОРІЄНТУВАННЯ РОБОТА У ПРОСТОРИ

2.1. Навігація і переміщення в просторі з рухомими перешкодами.

Розглядається робота мобільного робота в приміщенні, план якого заздалегідь невідомий. У приміщенні є як статичні перешкоди (стіни, столи, стільці), так і рухливі (люди, інші роботи). Мобільний робот оснащений скануючим лазерним далекоміром, який отримує стан рельєфу навколишніх об'єктів в площині, паралельній поверхні. Необхідно в режимі реального часу визначати положення мобільного робота в системі координат, пов'язаної з приміщенням (завдання локалізації), а також побудувати карту даного приміщення, що відображає рельєф стін і нерухомих об'єктів. Такого роду системи управління відомі як системи SLAM (System of Localization and Mapping). Функціональна структура навігаційної системи мобільного робота показана на рис. 2.1.

Особливістю запропонованої структури є незалежність від типу шасі мобільного робота, а також від наявності та типу датчиків одометра, що дозволяє використовувати розроблювану навігаційну систему на всіх типах мобільних роботів, які працюють в приміщенні. Для виконання своїх завдань робот повинен рухатися по заданому маршруту і при цьому дотримуватися заходів безпеки, в тому числі, при наявності рухомих об'єктів в робочій зоні. Таким чином, робот переміщується автономно за допомогою навігаційної системи, при цьому оператор виконує тільки функцію постановки завдання. Не виключається і напіваавтоматичний режим, наприклад, режим телеприсутності, при якому завдання оператора істотно спрощується.

На першому етапі роботи навігаційної системи вирішується завдання фільтрації стану шляхом видалення помилкових вимірювань за допомогою спеціального фільтра.

Для вирішення завдання аналізу моделі робочого середовища спочатку досліджувався метод нормальних розподілів (NDT – Normal Distribution

Transform). В цьому випадку карта приміщення розбивається на осередки, кожна з яких містить не самі точки, а параметри нормального розподілу всіх точок, що потрапили всередину. Вирішуючи задачу мінімізації функції взаємної кореляції стану і карти, можна визначити положення робота, з якого був отриманий поточний стан.

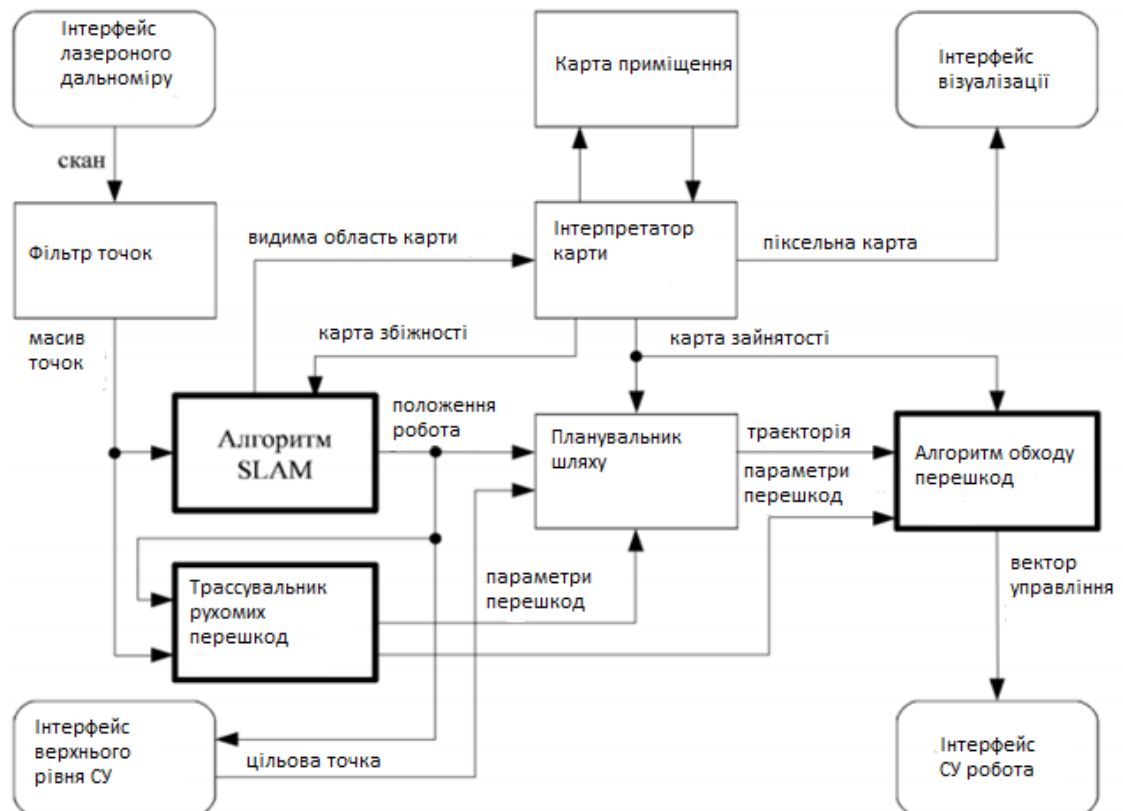


Рис.2.1. Функціональна схема навігаційної системи мобільного робота

Аналіз цього способу показав, що він істотно обмежує швидкість руху мобільного робота, оскільки всі обчислення виконуються в реальному масштабі часу. Тому було запропоновано новий спосіб, при якому отриманий за допомогою системи інформаційних датчиків скан перетворюється в сітковий функцію. При цьому кожна точка скану перетворюється в деяку безперервну функцію, потім вони об'єднуються за допомогою обраного принципу суперпозиції і накладаються на карту-сітку, тим самим утворюючи сітковий функцію. Метод сіткових функцій, так само як і метод нормальних

розподілів, заснований на зіставленні скану і отриманої карти за допомогою взаємної кореляційної функції. Для мінімізації цієї функції був використаний модифікований метод Ньютона. Після виконання завдання SLAM положення робота на мапі може бути обчислено з використанням перетворення з системи координат лазерного далекоміра в систему координат мобільного робота. Порівняльний аналіз двох розглянутих методів локалізації показав, що перевага нового методу сіткових функцій полягає в розширеній області збіжності, що дозволяє помітно збільшити швидкість руху мобільного робота.

Специфіка управління мобільним роботом в динамічному середовищі полягає в тому, що рух перешкод можна розрахувати заздалегідь. Щоб уникнути зіткнень з рухомими перешкодами, необхідно знати їх положення і передбачати траєкторію їх руху. Тоді можна рухатися уздовж спланованою траєкторії, відхиляючись від неї в потрібний момент, щоб зробити маневр і об'їхати перешкоду. Пропонується алгоритм управління роботом в динамічному середовищі, заснований на трасуванні рухомих перешкод. На першому етапі вирішується завдання планування маршруту по побудованій методом сіткових функцій мапі приміщення. Для цього використовується добре відомий алгоритм A^* . Далі вирішується задача трасування рухомих перешкод – визначення поточного вектора стану перешкоди в кожен момент часу, синхронізований з отриманням нового скана. Для побудови списку перешкод, спочатку проводиться класифікація і кластеризація точок скану. Кластеризація в даному випадку проводиться по Евклідовому віддалі між точками скану. Граничне значення обчислюється виходячи з відстані до точки і кутового дозволу лазерного далекоміра.

Кожен рухливий об'єкт обробляється з метою отримання відповідних йому параметрів габаритної окружності. Після знаходження габаритної окружності можна отримати оцінку повного вектора стану рухомого об'єкта (рис. 2.2).

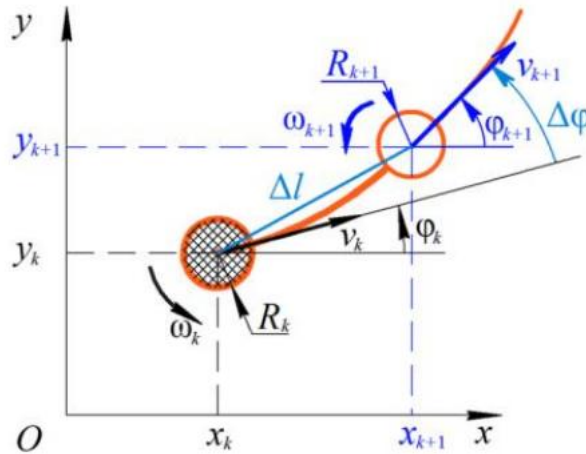


Рис. 2.2. Визначення положення рухомого об'єкту

Розроблений алгоритм пророкує нове положення цього об'єкта, використовуючи рівняння кінематики (передбачається, що спостережуваний об'єкт є твердим тілом, що переміщається по площині) і попередній вектор його стану. Потім, використовуючи отримане пророкування і параметри габаритної окружності, визначається $(k + 1)$ -я оцінка стану об'єкта:

$$x_{k+1} = K \cdot x_{ku} + (1 - K) \cdot x_{kp}, \quad y_{k+1} = K \cdot y_{ku} + (1 - K) \cdot y_{kp},$$

де x_{ku} , y_{ku} – виміряне положення об'єкта, x_{kp} , y_{kp} – передбачене положення об'єкта, K – коефіцієнт фільтрації.

Потім визначається довжина переміщення і напрям, уздовж якого воно було скоєно:

$$\Delta l = \sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2},$$

$$\varphi_{ku} = 2 \arctg \left(\frac{y_{k+1} - y_k}{x_{k+1} - x_k} \right) - \varphi_k.$$

Обчислюється також оцінка курсового кута:

$$\varphi_{k+1} = K_\varphi \cdot \varphi_{ku} + (1 - K_\varphi) \cdot \varphi_{kp}.$$

Швидкості визначаються шляхом оцінки похідною від довжини пройденого шляху і від збільшення курсового кута:

$$v_{ku} = \frac{\Delta l}{h} \cdot \left(1 + \frac{\Delta \varphi^2}{24} \right), \quad \omega_{ku} = \frac{\varphi_{k+1} - \varphi_k}{h}.$$

Завдання проходження вздовж спланованого маршруту і обходу рухомих перешкод вирішуються спільно, так як при русі по заданій траєкторії рухомі об'єкти можуть виявитися поблизу цієї траєкторії. У цьому випадку необхідно зробити маневр обходу. Подальший рух, незалежно від попереднього стану, повинно бути оптимально за обраним критерієм.

Для підтвердження запропонованого способу управління був поставлений експеримент, що включає побудову карти приміщення, визначення точності локалізації та оцінку якості управління роботом при наявності динамічних перешкод (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Проведення експериментів по навігації мобільного робота

Виміряна точність локалізації склала $0,68 \pm 0,45^\circ$ по куту повороту і $0,4 \pm 0,8$ см по положенню, що є хорошим результатом, що перевищує існуючі аналоги. Показники якості управління склали по довжині шляху, часу виконання операції та дистанції до перешкоди відповідно:

$$L_{path} = 2,4 \pm 0,6 \text{ м}, \quad T_{path} = 6,8 \pm 1,3 \text{ с}, \quad D_{max} = 0,5 \pm 0,2 \text{ м}.$$

Розроблена навігаційна система знайшла своє застосування в реальному сервісному роботі, побудованого компанією «Нейроботікс» для патрулювання приміщення з метою пошуку осіб зі зміненим психоемоційним станом. Область його застосування: вокзали, аеропорти, торгові центри та інші місця масового скупчення людей.

2.2. Завдання автоматичного повернення робота.

Відзначимо, що, незважаючи на велику ступінь автономності інтелектуального мобільного робота, він все ж повинен контролюватися оператором, який ставить поточні завдання відповідно до одержуваної інформацією. До того ж, в більшості завдань мобільні роботи безпосередньо управляються в дистанційному режимі оператором. При втрати зв'язку, погіршенні видимості та інших випадках, коли не може використовуватися напіваавтоматичне управління, виникає проблема автоматичного повернення робота до оператора.

Якщо основні завдання вирішуються в дистанційному режимі, то застосовувати дорогий лазерний далекомір для вирішення цього завдання методом SLAM не завжди доцільно. Тому в екстремальних ситуаціях альтернативою цим методам є візуальна одометрія – метод оцінки лінійного і кутового зміщення робота за допомогою аналізу послідовності зображень, знятих встановленої на ньому камерою. У табл. 1 наводиться порівняння основних методів, що застосовуються сьогодні для вирішення завдань навігації мобільних роботів. Тут показані переваги «+» і недоліки «-» розглянутих способів навігації при вирішенні завдання повернення робота. Це порівняння показує доцільність застосування методу візуальної одометрії.

Таблиця 1.1

Порівняння способів навігації автономних мобільних роботів

	GPS	Маяки	SLAM	Колесно-інерц. одометрія	Візуальн. одометрія
Не накопичують помилку	+	+	+	–	–
Висока точність на коротких траєкторіях	–	–	+/-	+	+
Працює в недетмінованому середовищі	+	–	+	+	+
Не знижує точність в приміщенні	–	–	+	+	+
Розмір траєкторії необмежений	+	–	–	+	+
Інваріантна до просковзування коліс	+	+	+	–	+
Не потребує стаціонарних об'єктів	+	–	–	+	+
Інваріантна до змін в середовищі	+	+	–	+	+

На рис. 2.4 показана послідовність етапів роботи візуального одометра. Для його роботи періодично вводяться пари зображень, що отримуються за допомогою двох телекамер, розташованих на борту робота, і для кожної виконуються перераховані на рис.2.4. процедури. Після вирівнювання зображень на лівому зображенні виділяються особливі точки, які можна стійко відрізнити від інших, наприклад, кути об'єктів, плями, різкі перепади яскравості і т.д. На правому зображенні знаходяться відповідні їм точки. Обчислення просторових координат особливих точок виконується при вирішенні задачі тріангуляції з використанням різниці положення зображень однієї і тієї ж точки з двох телекамер. Щоб обчислювати зсув робота, відстежується зміна положення особливих точок з плином часу. Використаний алгоритм Люкаса і Кенеді і фільтрація Хіршмюллера.

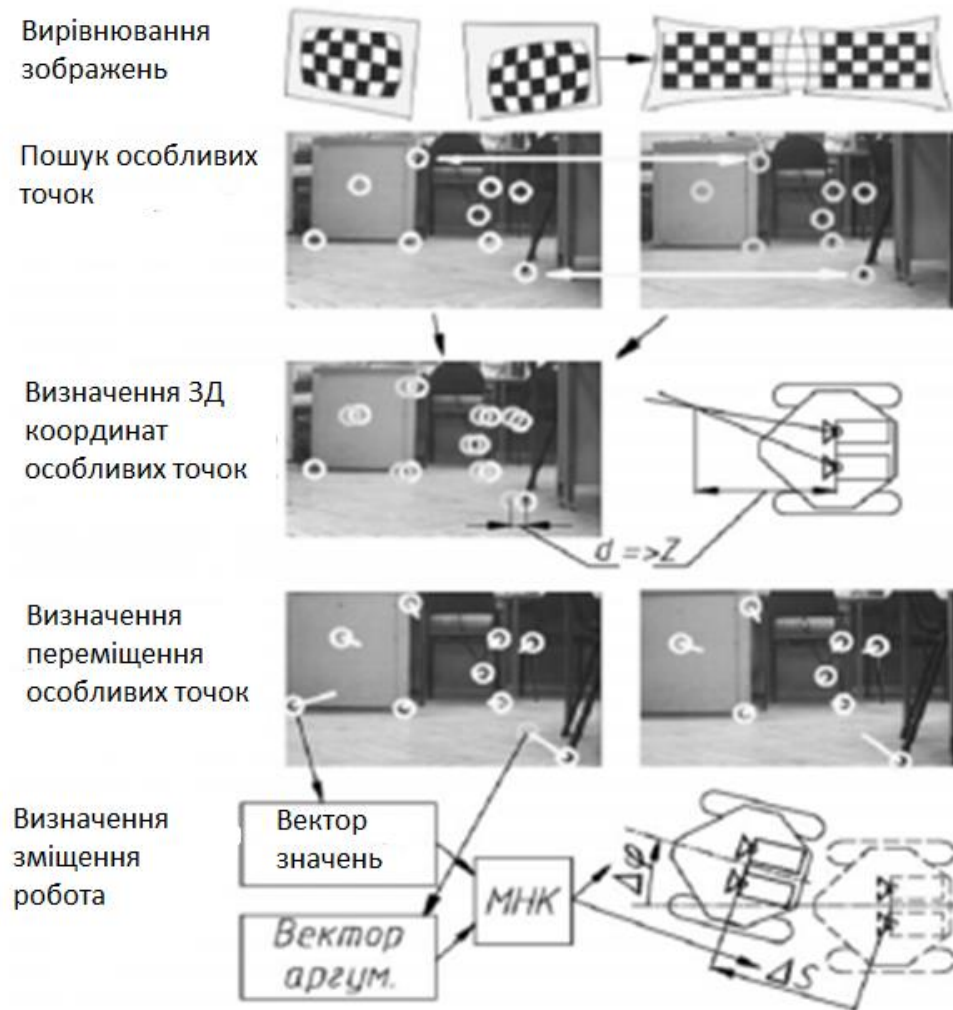


Рис. 2.4. Послідовність етапів роботи візуального одометра

Обчислення переміщення робота – статистична задача. Точність її рішення досягається за рахунок кількості точок. На рис. 2.5 показано переміщення системи координат робота за час зміни кадрів. Система координат $O^0 X^0 Y^0 Z^0$ нерухома. $O^C X^C Y^C Z^C$ – становище системи координат робота в поточний момент часу. $O^P X^P Y^P Z^P$ – в деякий попередній момент часу. M_i – нерухомі особливі точки простору. Нехай координати i -ї особливої точки простору в системі координат робота в поточний момент часу $C_i = (X_i^C Y_i^C Z_i^C)^T$, координати тієї ж точки простору в певний попередній момент часу $P_i = (X_i^P Y_i^P Z_i^P)^T$ знайдено N точок. Зміна положення системи координат робота будемо описувати у вигляді:

$$C_i = R P_i + T, \quad i = \overline{1, N},$$

Де $T = (\Delta X \ \Delta Y \ \Delta Z)^T$ – вектор переносу, $R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$ – матриця

повороту. Завдання полягає в отриманні оцінки T і R при вирішенні отриманої (перевизначення) системи лінійних алгебраїчних рівнянь методом найменших квадратів. Чим більше координат зафіксовано, тим менше рішення чутливо до похибки визначення координат особливих точок.

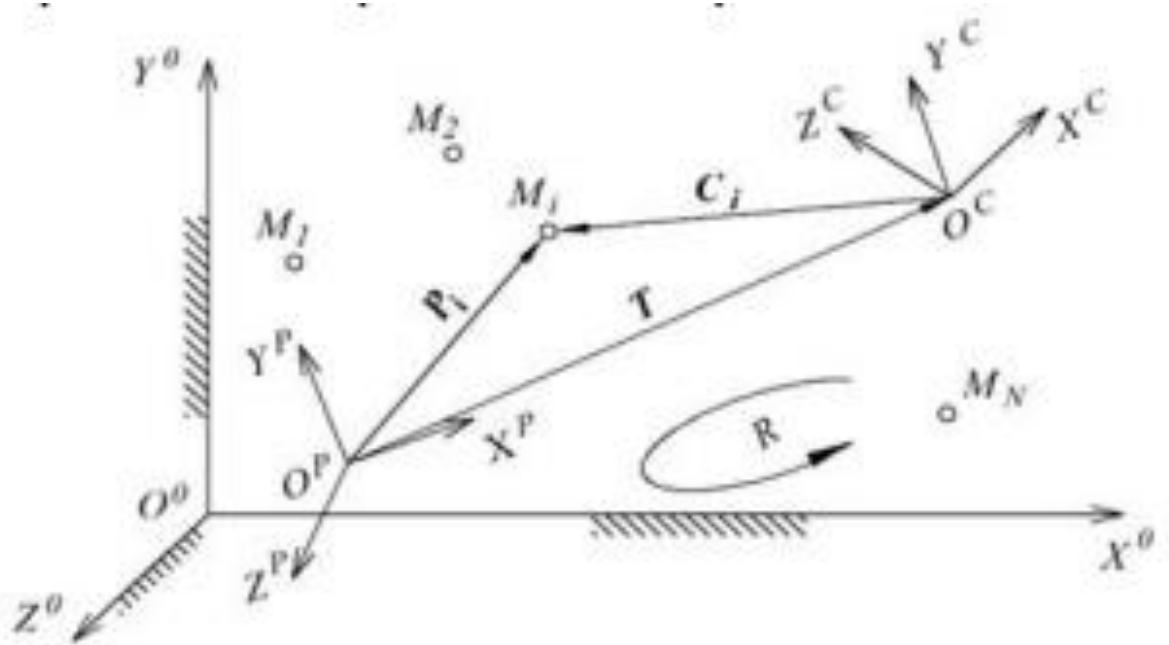


Рис. 2.5. Переміщення системи координат робота

Поточні координати робота оцінюються при обчисленні зміщень i . Коли особливі точки пропадають з поля зору телекамер, вони виключаються і замінюються на нові, що дозволяє вимірювати координати в мінливому середовищі. Визначення координат робота дозволяє побудувати траєкторію автоматичного повернення до оператора за допомогою сплайнів третього ступеня. Схема системи управління, що забезпечує опис траєкторії за даними візуальної одометра і автоматичне повернення по ній показана на рис. 6. У звичайному режимі "manual" оператор управляє роботом за допомогою джойстика J , задаючи лінійну і кутову швидкості v^{**} і w^{**} . Ці сигнали приймаються через приймач RF і надходять в систему управління приводами D де перетворюються в кутові швидкості коліс.

Візуальний одометр VO обчислює лінійну і кутову швидкості робота і, числення яких дозволяє оцінити його поточні координати x , y і курс. Блок навігації NVG зберігає пройденого робота траєкторію, видаляючи петлі і шум. При втраті зв'язку блок RF переключають систему в режим "auto", в якому робот повертається по збереженої траєкторії автоматично. Для цього блок NVG видає координати x^* і y^* ранньої точки траєкторії. Робот рухається в цю точку, використовуючи дані візуального одометра в якості зворотнього зв'язку по положенню. Експериментальне дослідження запропонованої системи автоматичного повернення, встановленої на мобільний робот, проводилося в реальних умовах. На першому етапі оператор за допомогою джойстика виводив робота в кінцеву точку по довільній траєкторії, яка записує за запропонованим алгоритмом.

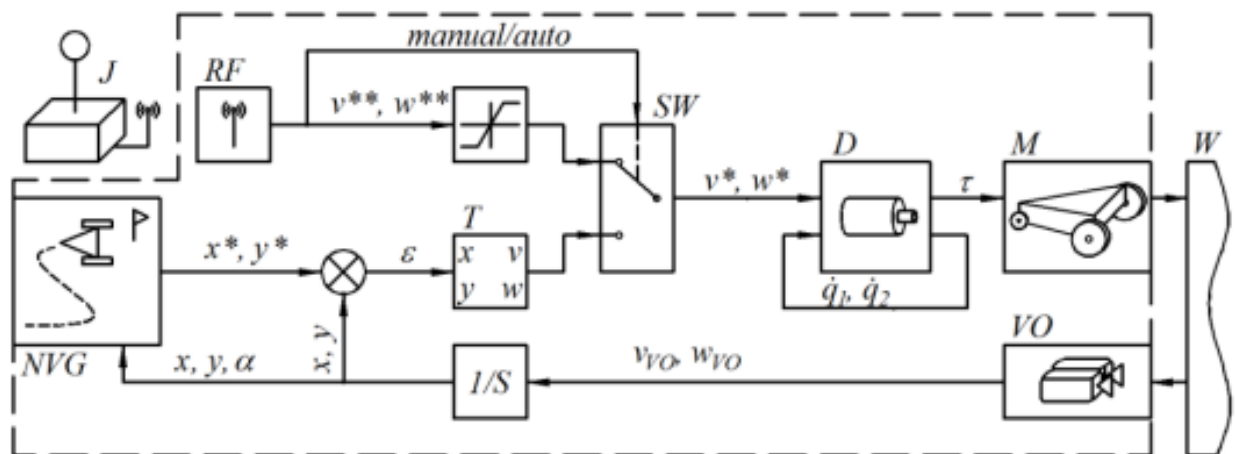


Рис. 2.6. Схема системи управління мобільним роботом

Коли робот досягав кінцевої точки, імітувалась втрата зв'язку, і оператор перемикав систему управління в автоматичний режим. На другому етапі робот автоматично повертався до оператора (в вихідну точку) по збереженому опису траєкторії.

У кожному заїзді після повернення робота вимірювалися координати точки зупинки і оцінювалася середня квадратична похибка виходу робота в вихідну точку щодо довжини траєкторії. Всього для перевірки було виконано

близько 100 заїздів по різних траєкторіях. Експериментальні дослідження проводилися в приміщенні, на вулиці і в парку. Вони показали, що найкращі результати можуть бути отримані шляхом комплексування даних візуального одометра з іншими засобами одометра – колісної одометра і з даними інерційного вимірювача кутової швидкості. Середньоквадратична помилка повернення в вихідну точку при цьому склала не більше 3%. Відмітимо, що експерименти проводилися і в несприятливих для візуальної одометра умовах: в сутінках і темряві, на однотонних поверхнях, що підстилають. Тим не Проте, і в цих умовах, використання візуальної одометра дозволило істотно поліпшити точність навігаційної системи.

2.3. Нечітка модель ситуації

Управління атономними мобільними роботами з боку оператора набуває характеру постановки завдань і діалогу, супроводжуючого їх виконання. При цьому повинні використовуватися «природні» з точки зору людини просторово–часові відносини, що істотно полегшує завдання управління роботом. Для організації діалогового управління мобільним роботом доцільно використовувати методи нечіткої логіки. Ці методи виявилися вельми ефективними для опису зовнішнього світу і поточної ситуації за допомогою лінгвістичних змінних. Розвиток цього підходу, стосовно до задачі керування роботами, полягає в тому, щоб знайти «природну» в тому ж сенсі оцінку ситуації, і прийняти в заздалегідь невизначених умовах рішення, що визначає поведінку робота.

Опис зовнішнього світу робота включає як опис об'єктів, що становлять інтерес для виконання заданої операції, так і просторових відносин між об'єктами світу, включаючи і сам робот. Для опису просторових відносин між об'єктами робочої сцени використовуються екстенціальні і інтенціальні нечіткі відносини. До перших відносяться відносини положення і орієнтації об'єктів. Наприклад «об'єкт A_1 далеко, і попереду праворуч об'єкта A_2 ». До інтенціальних відносин відносяться такі відносини, як стикатися; бути

всередині; бути поза; бути в центрі і т.д. З елементарних просторових бінарних відносин можна, використовуючи формальні правила кон'юнкції і диз'юнкцій, отримати і інші відносини, що зустрічаються на практиці.

Поточна ситуація, що включає M об'єктів, в тому числі, керований робот, описується системою бінарних фреймів ($\langle \text{об'єкт } m \rangle$, $\langle \text{ставлення } m, n \rangle$), $m, n = 1, 2, \dots, M$. Якщо заздалегідь встановлені нечіткі бінарні відносини між усіма об'єктами, які можуть спостерігатися роботом в процесі руху, то ми отримаємо нечітку семантичну мережу, або нечітку карту. Використовуючи таку карту, можна, зокрема, здійснювати навігацію робота по піднаглядним реперам, тобто по об'єктах, положення яких було заздалегідь відомо. Образ поточної ситуації може включати і інші нечіткі ознаки, крім просторових. Наприклад, мобільний робот, призначений для охорони приміщення від пожежі, може мати датчики температури, вологості, складу повітря (наявності шкідливих речовин або задимлення), акустичні датчики. Сукупність цих даних визначає напрямок руху до джерела пожежі. Важлива особливість завдання управління з використанням нечіткої моделі робочої сцени мобільним роботом, забезпеченим системою технічного зору, полягає в тому, що в процесі руху змінюється масштаб зображення, сприйманого телекамерою, встановленої на роботі. Він змінюється в залежності від дальності до перешкоди і курсового кута. Цей ефект призводить до необхідності введення двовимірної функції приналежності для визначення поточного положення робота на площині. Наприклад, функція приналежності по орієнтації (По курсовому куті) залежить також і від дальності D . Ця особливість системи технічного зору автономного мобільного робота відповідає закону просторової перспективи, властивому природному зору людини.

Оскільки зовнішній світ безперервно змінюється як за рахунок руху спостережуваних об'єктів, так і за рахунок руху самого робота, то і опис ситуації змінюється в часі. Ця обставина вимагає врахування в загальному випадку не тільки просторових, але і тимчасових відносин в зовнішньому світі, таких як «Бути одночасно», «бути раніше», «слідувати за». Такі відносини

доводиться використовувати, зокрема, при управлінні мобільними роботами, що переміщаються в просторі, що містить інші рухомі об'єкти . Вони дозволяють забезпечити автоматичний супровід рухомих об'єктів, або уникнути зіткнення з ними.

У загальному випадку ситуація визначається фреймом, слотами якого служать імена об'єктів зовнішнього світу, природні відносини між об'єктами, як просторові, так і тимчасові, а також інші ознаки, що характеризують ситуацію. Порівняння спостерігається ситуації з однією з еталонних ситуацій, що містяться в базі знань, проводиться з використанням тих чи інших критеріїв нечіткої близькості ситуацій , так що отримується таким чином оцінка ситуації роботом представляє не що інше, як формалізовану і усереднену оцінку аналогічній ситуації людиною.

Сукупність позначень (імен) заданих об'єктів в просторі робочої сцени і нечітких відносин між ними складають словник формального мови опису ситуації. Використовуючи введену Д.А. Поспеловим термінологію, можна назвати мову використовуваних для опису ситуацій формально–логічних відносин, ситуаційною мовою. На ситуаційною мовою може бути організований діалог між роботом і людиною при аналізі ситуації. Діалогова організація інтерфейсу дозволяє роботу формувати запити до оператора за відсутності необхідної інформації для побудови моделі зовнішнього світу.

Висновок до розділу

В даному розділі було проведено аналіз основних способів орієнтування робота, в результаті чого стає зрозумілим, що розвиток робототехніки вступає в нову стадію, коли від завдань дистанційного керування мобільними і маніпулятивними робототехнічними пристроями ми переходимо до управління кооперативного типу, при якому робот стає повноцінним учасником процесу управління – партнером оператора. При цьому істотно спрощується завдання оператора, якому практично не потрібно попередньої підготовки. Однак ускладнюється сама робототехнічна система, що володіє тепер високим ступенем автономності і що володіє можливостями, які відносять до штучного інтелекту. Також стає зрозумілим, що слід обрати алгоритм який дозволить мобільному роботу працювати у групі.

РОЗДІЛ 3. ОПИС МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ

Методи планування шляху можна класифікувати за різними ознаками. В контексті використання інтелектуальних технологій їх можна розділити на традиційні методи і евристичні методи. За характером навколишнього оточення можна розділити методи планування на методи планування в статичній навколишньому середовищі і в динамічному середовищі (слід, однак, відзначити, що статична довкілля рідко зустрічається на практиці). Методи також можна розділити по повноті інформації про навколишньому середовищу: методи з повною інформацією (в такому випадку говорять про глобальне планування шляху) і методи з неповною інформацією (звичайно мова йде про знання обстановки в безпосередній близькості від робота, в цьому випадку мова йде про локальне планування шляху). Відзначимо, що неповна інформація про навколишнє середовище може бути наслідком мінливої обстановки, тобто в умовах динамічного середовища планування шляху, як правило, локальне.

У літературі запропоновано велику кількість методів планування шляху, в яких використовуються різні евристичні прийоми, що впливають, як правило, з змістовного сенсу розв'язуваної задачі. У цій роботі ми обмежимося розглядом основних підходів до вирішення завдання. На рис. 3.1 показано класифікація зазначених підходів.



Рис. 3.1. Класифікація методів планування

Відзначимо методи з використанням карти навколишнього середовища або опису її за допомогою графа або дерева; методи на основі клітинної декомпозиції; методи потенційних полів; оптимізаційні методи; методи, засновані на інтелектуальних технологіях, включаючи поведінкові методи. У багатьох цих методах результатом виявляється ланцюг опорних крапок (шляхових точок), що з'єднує початок і кінець шляху, і тоді виникає задача згладжування отриманого шляху, якої також приділено певну увагу.

3.1. Методи на основі графів

В останні роки цей клас методів привернув помітний інтерес дослідників. Основні методи цього класу показані на рис.3.2 граф (або дерево) відображає стану, в яких може перебувати робот: кожен вузол являє один стан робота. Станом може бути положення, кут орієнтації, швидкість або прискорення робота. Переходи між станами характеризуються функцією витрат. Це дозволяє виділити шлях, який має мінімальну загальну вартість досягнення цільового стану.

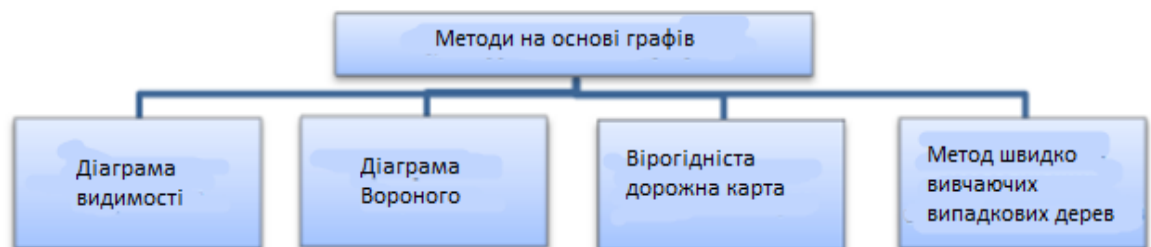


Рис. 3.2. Методи на основі графів

Запропоновано ряд методів, в основному відрізняються вибором вузлів відповідного графа. Подібні методи зазвичай використовують в тих випадках, коли інформація про навколишньому середовищу є статичною і відома повністю.

Нагадаємо, що граф є непорожня множина V вершин, певні пари яких з'єднані дугами або ребрами. На дугах задано одне з двох можливих напрямків, граф з дугами називають орієнтованим (Орграф), в той час як на ребрах

напрямок не виділено, граф з ребрами називають неорієнтованим (Рис. 3). Граф позначають $G = (V, E)$

Побудова графа полягає не тільки у виборі шляхових точок, а й у виборі ребер, їх з'єднують. Ребром з'єднуються дві дорожні точки, якщо з однієї в іншу можна потрапити за прямолінійним шляху, минуваючому перешкоди. Для побудови всіх ребер необхідно переглянути всі пари шляхових точок. Але це трудомістка процедура, тому використовують спрощений варіант – локальний, при якому для кожної точки в якості пари переглядають тільки близько розташовані точки (або найближчі n точок, або всі точки, розташовані на відстані не більше d ; n або d – параметр алгоритму). Побудова дорожньої карти перетворює задачу планування шляху до завдань пошуку шляху в графі.

3.2. Методи на основі клітинної декомпозиції

Одна з найпростіших ідей, що виникають в завданні планування шляху в середовищі з перешкодами – дискретизація навколишнього середовища (рис. 4). У різних реалізаціях цієї ідеї можна виділити дві групи: наближена і точна клітинні декомпозиції (cell decomposition). Наближена клітинна декомпозиція реалізується за допомогою сітки (Grid map), що покриває простір. Метод сіток запропонував Ельф, його ідея полягає в тому, щоб розділити простір навколишнього середовища на клітини однакового розміру, кожна клітина характеризується 0 (вільна від перешкод) або 1 (зайнята перешкодою). Сітка проста у використанні, і її легко створити і підтримувати. Однак метод сіток має серйозний недолік: збільшення трудомісткості при зменшенні кроків сітки. Таке збільшення особливо помітно в навколишньому середовищі великого обсягу. Запропоновано різні підходи, засновані на нерегулярних сітках і дозволяють знизити обсяг обчислень, наприклад дерево квадрантів (quadtree) в двовимірному випадку або дерево кубів (octree) в тривимірному.

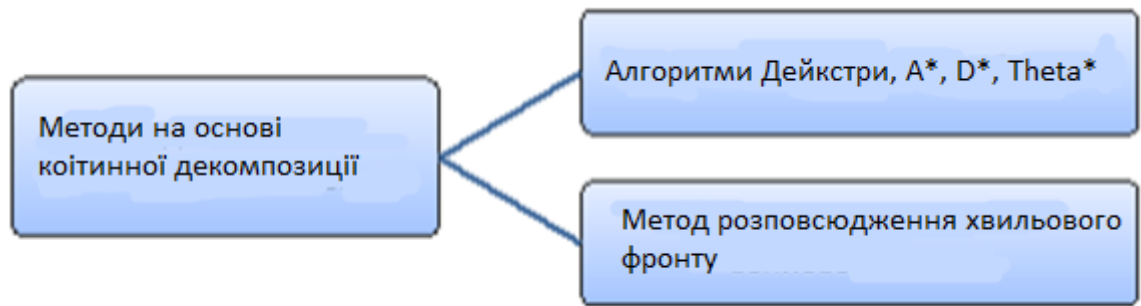


Рис. 3.3. Методи на основі клітинної декомпозиції

При точної клітинної декомпозиції довкілля ділять на Клітини, використовуючи Грані перешкоду. Тут важливу роль відіграє завдання розкладання багатокутника на опуклі області. Добре відомі Такі підходи точної клітинної декомпозиції, як вертикально або трапецевидне розкладання .

У більшості випадків годину розв'язання задачі планування по методам на основі клітинної декомпозиції або на основі графів необхідний додатковий етап побудова шляху, що складається в пошуку Шляхів на графі. Можна використовувати різні стратегії пошуку відносного оптимального вирішенню. Ці стратегії ділять на Класичні (неінформовані) и евристичні (інформовані). До поінформованим стратегіям пошуку відносяться: пошук в ширину, пошук за критерієм вартості, Пошук в глибін, результати пошуку с обмеженою глибін, пошук в глибін з ітеративним поглиблення и двонаправлений пошук.

Евристичні стратегії пошуку НЕ мають суворого обґрунтування, але, тим НЕ менше, дають прийнятною рішення задачі в більшості практично значимих випадків. Особливістю евристичної стратегії є евристичні правила, Які формуються для конкретного завдання. Ці правила дозволяють підвищити ефективність алгоритму в порівнянні з відповідним класичної стратегією. Типовий приклад евристичної стратегії – алгоритм A^* , Який описаний в 1968 году Пітером Хартом, Нільсом Нильсоном и Бертрамом Рафаєлем. По суті цей алгоритм – розширення алгоритму Дейкстри, Створення в 1959 году. Алгоритм A^* досягає більш високої продуктивності (за годинию) з допомогою евристики. У початковій роботі він згадується як «Алгоритм А». Цільова

функція алгоритму A^* реалізується як сума двох других: Функції вартості Досягнення даної точки з початкової і евристичної Функції оцінки відстані від даної точки до кінцевої точки. Евристична функція не винних переоцінювань відстань до цільової точки. Без Другої складової алгоритм A^* зводиться до алгоритму Дейкстри. Одні з найбільш істотних недоліків алгоритмів на основі клітинної декомпозиції Полягає в обмеженій кількості варіантів напрямку, викликаних структурою сітки.

3.3. Методи потенційних полів

Один з широко поширених підходів до планування траєкторій – використання потенційних векторних полів. Загальна ідея методів полягає в русі вздовж векторних ліній векторного поля, потенційна функція якого відображає конфігурацію перешкод і їх форму, а також мета руху. Зазначений підхід підходить і в двовимірному, і в тривимірному випадку. За типом потенційної функції можна виділити:

- 1) віртуальне силове поле;
- 2) Ньютонівської потенційне поле ;
- 3) супербікватратне потенційне поле;
- 4) гармонійне векторне поле ;

Серед методів потенційних полів найвідомішим є метод штучних потенціалів (artificial potential field, APF). Його алгоритм простий, має низьку складність і високу ефективність реалізації. Метод вперше запропонував в 1986 році Хатіб. Векторне поле поділяється на дві складові: мета руху представляється притягає векторних полем, в той час як перешкоди – відразливим векторних полем. Додавання двох векторних полів дозволяє вирішити два завдання: рух до заданої цільової точці і обхід перешкод. У свою чергу відразливе векторне поле є сума складових, кожна з яких описує окремий перешкода.

Технологія планування шляху по методу штучних потенціалів проста, що спрощує контроль процесу руху в режимі реального часу. Однак метод має істотний недолік: можливе існування локальних мінімумів.

Запропоновано ряд підходів для ліквідації цього недоліку, але повністю задовільного рішення поки немає, а зазначені підходи застосовувалися лише в приватних ситуаціях.

Також відзначимо, що метод має невизначеність в побудові потенційних функцій, пов'язану з вибором коефіцієнтів функції і. Два ці фактори обмежують широке використання методу штучних потенціалів у вирішенні практичних завдань.

Іншим недоліком методу штучних потенціалів є проблема тремтіння. У зазначених джерелах запропоновані рішення для подолання цього недоліку. У 1989 р. Боренштейн і Корен запропонували метод віртуального силового поля (Virtual force field, VFF), що поєднує в собі метод сіток і метод потенційного поля, який може застосовуватися для локального планування шляху.

У методу віртуального силового поля свої недоліки. Він не дозволяє планувати проходження вузьких областей, таких як двері, через істотних змін властивостей відштовхування перешкод, що виникають при дискретизації. Метод також призводить до коливального руху в смугасту картину області (наприклад, в коридорі). Для подолання цих недоліків Боренштейн запропонував метод гістограми векторного поля (vector field histogram, VFH).

Метод VFH є одним з найпопулярніших локальних методів планування шляху, що використовуються в режимі управління реального часу в області мобільного робототехніки. У цьому методі обхід перешкод здійснюється в три етапи. На першому етапі генерується двовимірна гістограма, що описує перешкоди навколо робота. На другому етапі по двовимірній гістограмі будується одновимірна полярна гістограма. Нарешті, на третьому етапі вибирається найбільш підходящий сектор з низькою щільністю перешкод, і обчислюється кут повороту в цьому напрямку. На основі методу VFH автори надавали поліпшені методи: VFH+ і VFH*. У методі VFH + враховується

розмір робота, обмеження динаміки і відповідне розширення розмірів перешкод. У методі VFH* з урахуванням глобальної інформації навколишнього середовища вибирається найкращий напрямок руху з використанням алгоритму A^* .

3.4 Оптимізаційні методи

Завдання планування шляху в складній навколишньому середовищу може вирішуватися як оптимізаційна задача. Для цього рух об'єкта треба уявити в рамках тієї чи іншої моделі у вигляді динамічної системи. Перешкоди будуть описуватися деякими обмеженнями, а якість допустимої траєкторії має оцінюватися деяким функціоналом. В результаті виникає завдання оптимального управління, яка не тільки забезпечує траєкторію об'єкта в обхід перешкод, але і дозволяє вибрати в деякому сенсі кращий варіант, наприклад, за швидкістю проходження, по енергетичній ефективності і т.д.

Слід зазначити, що оптимальне планування траєкторії – це завдання іншого класу, ніж завдання простого планування. Рішення першої – помітно більш трудомістке, ніж рішення другої. Класичні методи оптимального управління засновані на нетривіальних аналітичних обчисленнях. Тому підхід, заснований на оптимальному управлінні, ефективний для простих, зокрема, лінійних систем, а для складних нелінійних систем його реалізувати важче. Тому зусилля дослідників поступово змістилися в бік чисельних методів розв'язання оптимізаційних задач. Такі чисельні методи можна розділити на дві групи: прямі методи і непрямі.

Як відомо, для завдання оптимального управління існують необхідні умови екстремуму, які формуються в рамках принципу максимуму Понтрягіна. З допомогою необхідних умов завдання оптимального управління зводиться до вирішення диференціального рівняння. Таке завдання можна вирішувати чисельно. Відповідні методи називають непрямыми, оскільки мова не йде про безпосереднє пошуку мінімуму функціоналу. Відзначимо, що

аналітичне рішення відповідної крайової задачі, як правило, неможливо, а чисельні методи чутливі за схожими даними або мають низьку збіжність.

Прямі методи розв'язування задач оптимального керування пов'язані з безпосереднім пошуком мінімуму цільового функціоналу. Однак рішення такого завдання – деяка функція, яка чисельним методом може бути знайдена лише у вигляді деякого дискретного аналога. Необхідно вихідну задачу звести до задачі з кінцевим набором варійованих параметрів, тобто до задачі нелінійного програмування. Для вирішення задач нелінійного програмування розроблений великий асортимент чисельних методів. Таким чином, будь-який прямий метод включає в себе дві основні підзадачі: дискретизацію, тобто зведення задачі до задачі нелінійного програмування, і рішення задачі нелінійного програмування.

3.5. Методи на інтелектуальних алгоритмах

Завдання планування шляху є однією підзадач автоматичного управління роботом. Робот повинен мати здатність вирішувати завдання планування шляху в реальних умовах навколишнього середовища без втручання людини. Природно в цій ситуації використовувати алгоритми поведінки, що зустрічаються в живій природі – так звані біоінспірованні алгоритми. Ці алгоритми імітують поведінку або мислення людини, а також деяких біологічних спільнот.

Серед біоінспірованих алгоритмів виділяють: ройовий інтелект, «мурашиний» алгоритм, метод рою частинок, «бджолиний» алгоритм, а також генетичні та еволюційні алгоритми. Як правило, ці алгоритми формують як алгоритми мінімізації (або пошуку), вони відносяться до евристичних алгоритмів, так як не мають строгого математичного обґрунтування. Розглянемо деякі з цих алгоритмів (рис. 3.4.).

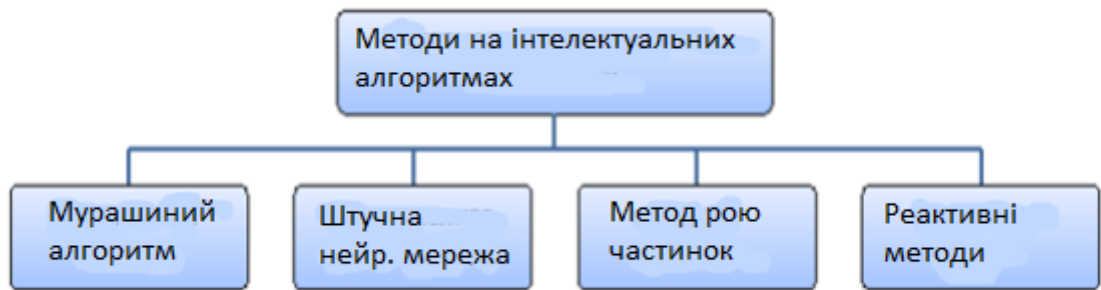


Рис. 3.4. Методи на інтелектуальних алгоритмах

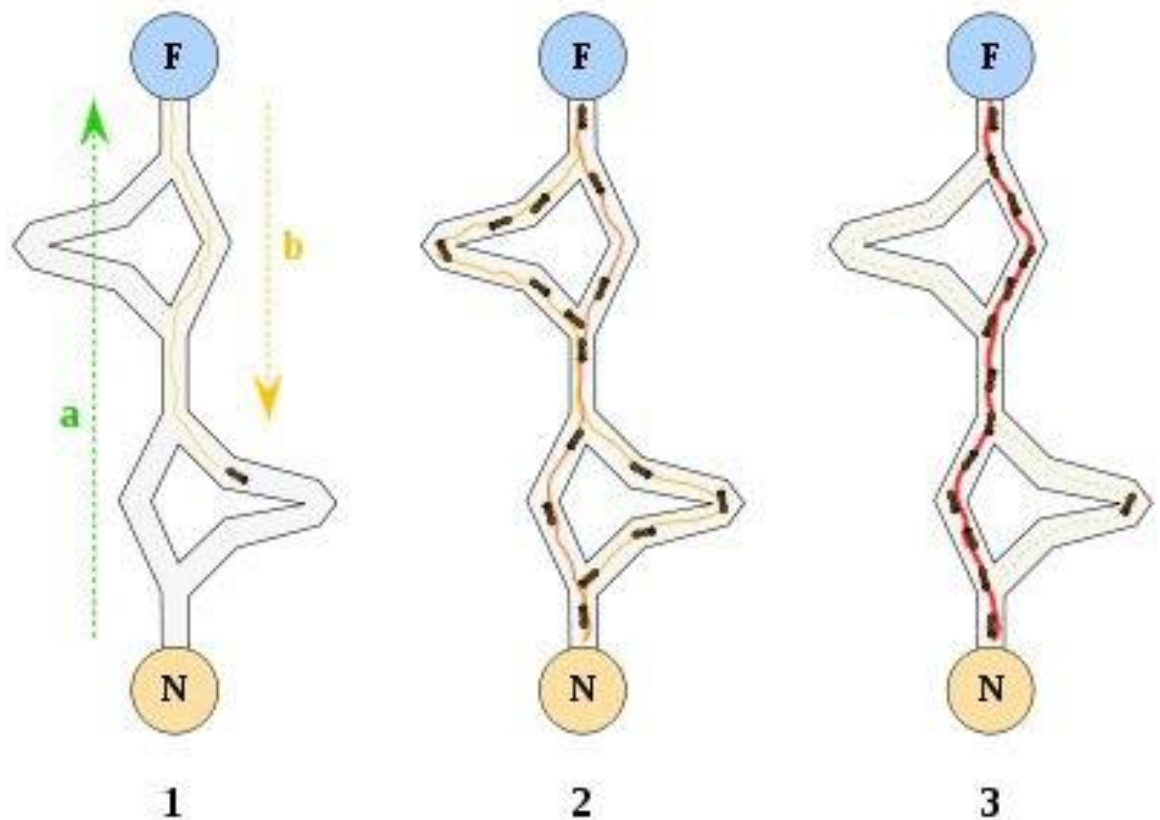
Перша версія алгоритму, названа «алгоритмом оптимізації мурашиної колонії» (ant colony optimization, т. Е. ACO), запропонована Марко Доріго в 1992 році і була спрямована на пошук оптимального шляху в графі. У реальному світі мурахи (спочатку) рухаються у випадковому порядку і, знайшовши їжу, повертаються в свою колонію, позначаючи шлях феромонами. Якщо інші мурахи знаходять такі стежки, вони, найімовірніше, підуть за ними. Якщо ці мурахи в кінцевому підсумку знаходять джерело живлення, то, повертаючись, вони повторно мітять шлях. Згодом феромон починає випаровуватися, тим самим його приваблива сила зменшується. Чим більше часу потрібно для проходження шляху до мети і назад, тим сильніше випаровується феромон. На короткому шляху буде швидшим і, як наслідок, сила феромону залишається високою.

Випаровування призводить до того, що найкоротший шлях від колонії до джерела їжі, знайдений одним з мурах, буде кращим для інших мурах, вони, швидше за все, підуть цим шляхом, а їх мітки в кінцевому підсумку приведуть усіх мурах до цього шляху.

Мурашиний алгоритм орієнтований на рішення трудомістких комбінаторних задач, за допомогою такого алгоритму шукається близьке до оптимального рішення за прийнятний час. Подібне завдання формулюється як визначення в заданому кінцевому безлічі (Просторі пошуку) елемента, що задовольняє заданим обмеженням і забезпечує найменше значення заданої функції.

Для мурашиного алгоритму завдання трансформується в завдання пошуку шляхів в графі. Кожному ребру графа приписується обсяг феромону (Тут – номер вершини, з якої виходить ребро, а – номер вершини, в яке йде ребро). На підставі цих обсягів розраховуються ймовірності проходу для кожного ребра. Кожен з деякого кінцевого набору мурах будує свій шлях, випадковим чином вибираючи чергове ребро на основі знайдених ймовірностей. Побудовані шляхи потім служать основою для перерахунку обсягів феромонів, після чого конструювання шляху повторюється.

Ітераційна процедура триває до тих пір, поки не будуть виконані умови зупинки. Стартове значення обсягів феромону вибирається рівним деякої постійної.



Основна формула алгоритму – розрахунок ймовірності переходу від вузла дому на основі наявних обсягів феромону:

$$p_{i,j} = \tau_{i,j}^{\alpha} \eta_{i,j}^{\beta}$$

Штучні нейронні мережі – це група математичних моделей, що імітують функціонування мережі нервових клітин живого організму. Така мережа являє собою сукупність однорідних елементів (нейронів), кожен з яких має один або кілька входів і один або кілька виходів. Входи і виходи з'єднують елементи в єдину систему. Деякі входи і виходи не задіяні і є входами і виходами всієї системи. На входи системи подається сигнал, а потім результат роботи мережі формується на виходах системи. Кожен нейрон має параметри настройки, що впливають на його роботу. Налаштування таких параметрів, покликана забезпечити заданий вихід мережі для кожного з заданих входів, називається навчанням мережі. Конкретна штучна нейронна мережа, як математична модель, включає в себе не тільки внутрішню структуру, а й алгоритм навчання. З математичної точки зору, навчання нейронних мереж – це багатопараметрична завдання нелінійної оптимізації. Нейронна мережа використовується в задачах адаптивного управління і як алгоритми для робототехніки.

Нейронні мережі вперше були запропоновані У. Маккалоком і У. Питтсом як математичні моделі нервової активності. У практичних цілях ці моделі стали використовувати після розробки алгоритмів навчання: в задачах прогнозування, для розпізнавання образів, в задачах управління та ін.

Вперше штучна нейронна мережа для цілей планування траєкторій і обходу перешкод використовувалася в 1995 р. Метод швидко набрав популярність і застосовувався в задачах планування шляху в різних випадках. Морено і Кастро запропонували для планування шляху використовувати розширюється гнучку нейронну мережу. Нейрони мережі асоціюються з точками в конфігураційному просторі, взаємодія нейрона яке притягує, якщо відповідна точка знаходиться поза перешкод, а інакше відразливе. В процесі навчання нейронна мережа розширюється додаванням нових елементів. Нейронна мережа самоорганізується, а лінії взаємодії нейронів представляють шлях в середовищі з перешкодами.

До штучних нейронних мереж близькі байєсовські мережі. Байєсова мережа являє собою ациклічний орієнтований граф, на безлічі вершин якого задано розподіл ймовірностей певного типу. Байєсовські мережі, як і штучні нейронні мережі, можуть використовуватися в задачах планування шляху в середовищі з перешкодами.

Метод рою часток (МРЧ) був запропонований в 1995 р Кеннеді, Еберхарт і Ши як спроба імітації руху зграї птахів в контексті «колективного інтелекту» біологічних популяцій. МРЧ відображає здатність зграї птахів, риб і інших біологічних популяцій адаптуватися до навколишнього середовища, шукати харчові ресурси і уникати хижаків шляхом обміну інформацією. У МРЧ оптимізують функцію, підтримуючи популяцію можливих рішень (кожне імітує одну птицю), званих частками, і переміщаючи ці частинки в просторі рішень згідно простої формули. Переміщення підкоряються принципу найкращого знайденого в цьому просторі положення, яке постійно змінюється при знаходженні частинками більш вигідних положень. Таким чином виникає метод оптимізації, для використання якого не потрібно знати точного градієнта оптимізується функції.

Важливу групу інтелектуальних алгоритмів складають алгоритми, засновані на імітації поведінкових реакцій. Основою таких алгоритмів є концепція поведінки, яку можна позначити як типове рішення в типовій ситуації. На противагу реактивному централізоване управління повинно враховувати всю масу обставин, пов'язаних з навколишнім середовищем і поставленою метою.

Введення в контур управління реактивних методів призводить до децентралізації завдання управління, що в кінцевому рахунку спрощує завдання планування, підвищує сприйнятливість по відношенню до навколишнього середовища і стійкість по відношенню до зовнішніх чинників. Кожне окреме поведінка реалізується у вигляді незалежного модуля, який сприймає якийсь окремий аспект навколишнього середовища (наприклад, інформацію з окремо взятого датчика).

Найбільш перспективними є системи гібридного типу, що поєднують в собі як елементи централізованої системи, так і елементи реактивної. У такій системі особливу роль відіграє система координації, яка стикується різні поведінки і верхній рівень системи між собою. Серед методів координації можна виділити дві основні групи: арбітражу і фьюжн–команди. При арбітражі в кожен момент часу вибирається тільки одне поведінку. Арбітраж простий в реалізації, однак рух об'єкта при такому принципі управління виявляється нестабільним. Крім того, правила арбітражу не є очевидними, вибір типу поведінки – нетривіальне завдання. Проблему може вирішити змішана стратегія, при якій діють всі типи поведінки одночасно, але з різним ступенем.

Зазвичай розглядаються такі варіанти поведінки: рух до мети, ухилення від перешкоди, рух уздовж стіни, вихід з локального мінімуму. Поведінка «рух до мети» може бути досягнуто при заданій інформації положення цілі. Поведінка «Ухилення від перешкод» реалізується на основі інформації про локальну навколишньому середовищу, отриманої по датчикам. Відзначимо також поведінку, зване мандрами. Йдеться про подолання пасток – ситуацій, коли робот не може рухатися, орієнтуючись на певний напрям (наприклад, якщо робот потрапив у внутрішню камеру перешкоди). У літературі пропонуються різні методи подолання пасток, засновані на одному або декількох поведінках. У певному сенсі реактивні методи аналогічні методу штучного потенційного поля. Однак перші імітують людську поведінку, в той час як метод штучного потенційного поля будується з інших міркувань. Різні типи поведінки можна з'єднувати за допомогою методів нечіткої логіки.

Нечітке безліч характеризується деякою функцією (званої функцією приналежності), яка відображає ступінь приналежності елемента безлічі. Функція приналежності може приймати значення від 1 («повністю належить») до 0 («повністю не належить»). Нечіткі множини можуть використовуватися для координації зв'язку декількох типів поведінки. Нечітка логіка також може використовуватися для реалізації окремого типу поведінки. Наприклад, за

допомогою нечіткої логіки можна будувати маневри літального апарату для відходу від зіткнень на основі інформації, що надходить з передньої камери .

Висновки до розділу

В даному розділі розглянуті основні методи планування траєкторії мобільних роботів. Для подальшої роботи був обраний метод мурашиного алгоритму, оскільки якщо запрограмувати кожного робота в групі мобільних роботів на даний алгоритм – вони зможуть швидко будувати карту місцевості, а також динамічно змінювати свої маршрути в залежності від навантаження на гілках. Оскільки для коректної роботи необхідне програмне забезпечення, у наступному розділі представлені рекомендації щодо його розробки та впровадження.

РОЗДІЛ 4: РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1. Серверна частина

Для коректної роботи мобільних робот повинен відправляти дані на сервер, який у свою чергу обробляє отримані дані за допомогою нейронної мережі та розсилає їх іншим мобільним роботам у системі. Це забезпечує безперервну роботу системи з мінімальним втручання оператора, а тому і зменшує ризик виникнення проблем через людський фактор. Нейронні мережі (штучна нейронна мережа) – це система сполучених і взаємодіючих між собою простих процесорів (штучних нейронів). Такі процесори зазвичай досить прості (особливо в порівнянні з процесорами, використовуваними в персональних комп'ютерах). Кожен процесор подібної мережі має справу тільки з сигналами, які він періодично отримує, і сигналами, які він періодично посилає іншим процесорам. І, тим не менше, будучи з'єднаними в досить велику мережу з керованим взаємодією, ці процесори разом здатні виконувати досить складні завдання, оскільки нейронні мережі навчаються в процесі роботи.

Для збереження даних необхідно обрати баз даних, яка могла б утримувати дані для їх обробки. Оскільки мобільні роботи можуть працювати в умовах коли неможливо передали дані через мобільний зв'язок, то вирішенням може бути створення локальної бази для збереження даних на самому мобільному роботі.

В якості бази даних для цієї задачі є кілька варіантів вибору. В першу чергу слід сказати про те, що це повинна буди noSQL база даних, оскільки SQL двигун потребує багато ресурсів, а мобільному роботу слід використовувати ресурси на збір та прийом інформації з серверу, а не на роботу по збереженню даних. Але в той же час база даних повинна бути достатньо швидкою щоб встигати зберігати достатню кількість даних, тому БД типу MongoDB нам не підходять. Вирішенням даної проблеми може стать SQLite, ця база даних має

спрощений SQL двигун, який не потребує багато ресурсів, а також має значно більшу швидкість запису даних.

Далі необхідно визначити БД на сервері. Очевидно, що ми можемо дозволити собі використовувати будь-яку SQL базу даних, оскільки нам необхідна швидка обробка даних за короткий час і ми маємо наявності сервер з великим запасом змінного ресурсу.

Для того щоб синхронізувати дані з локального сховища мобільного робота з базою даних с серверу – можна прописати графік робіт по синхронізації даних (cron job), який буде пересилати свіжі дані на сервер, а старі дані видаляти з локального сховища мобільного робота, а також відправляти результати обробки (оновлення карти або нові задачі).

4.2. Засоби комунікації мобільних роботів

В якості засобів зв'язку в автономній групі мобільних роботів можна розглянути наступні варіанти:

1. Модулі Bluetooth.
2. Модулі Wi-Fi.
3. Модулі мобільного зв'язку (GPRS, EDGE, 3G, 4G).
4. Спеціалізовані модулі зв'язку.

Bluetooth і Wi-Fi забезпечують бездротовий зв'язок між пристроями на відстані до 100 метрів, однак, це може занадто сильно сковувати групу мобільних роботів, змушуючи триматися на невеликій відстані один від одного. Також мінусом таких видів зв'язку є складна система ідентифікації або необхідність в центральному вузлі. Для використання мобільного мережі необхідно знаходитися в зоні покриття мобільного зв'язку, що призводить до прив'язки до додаткових пристроїв.

Як спеціалізованих модулів зв'язку для забезпечення децентралізованої комунікації групи мобільних роботів можна розглянути XBee-модеми.

XBee і XBee PRO модулі були розроблені для роботи зі стандартом IEEE 802.15.4 і підтримки дешевих, що відрізняються низьким енергоспоживанням,

бездротових мереж. Також вони можуть забезпечувати відносно велику відстань передачі даних (до 1600 метрів) і підтримують MESH-топології (мережеві топології, де кожен елемент може пов'язувати між собою своїх сусідів), що принципово в разі розгортання повністю децентралізованою мережі. серед особливостей модулів XBee слід виділити:

- 1) Можливість шифрування даних (AES-128).
- 2) Підтримують як стандартну (1 мВт), так і підвищену потужність (2 мВт).
- 3) Підтримують індустріальний температурний діапазон: (-40°C .. 85°C).

Висновок до розділу

В даному розділі розглянуто та рекомендовано технології серверної частини задля швидкої взаємодії мобільного робота та швидкої обробки інформації. Також розглянуто способи комунікації мобільних роботів між собою, що може бути корисним у використанні в умовах без доступу до мобільного зв'язку для передачі даних між собою та оновлення даних.

РОЗДІЛ 5: МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП – ПРОЕКТУ

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів. Узагальнено етапи розроблення стартап-проекту можна подати таким чином:

А. Маркетинговий аналіз стартап-проекту

В межах цього етапу:

- 1) розробляється опис самої ідеї проекту та визначаються загальні напрями використання потенційного товару чи послуги, а також їх відмінність від конкурентів;
- 2) аналізуються ринкові можливості щодо його реалізації;
- 3) на базі аналізу ринкового середовища розробляється стратегія ринкового впровадження потенційного товару в межах проекту.

В. Організація стартап-проекту

В межах цього етапу:

- 1) складається календарний план-графік реалізації стартап-проекту;
- 2) розраховується потреба в основних засобах та нематеріальних активах;
- 3) визначається плановий обсяг виробництва потенційного товару, на основі чого формується потреба у матеріальних ресурсах та персоналі;
- 4) розраховуються загальні початкові витрати на запуск проекту та планові загальногосподарські витрати, необхідні для реалізації проекту.

Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту В межах цього етапу:

- 5) визначається обсяг інвестиційних витрат;
- 6) розраховуються основні фінансово-економічні показники проекту (обсяг виробництва продукції, собівартість виробництва, ціна реалізації, податкове навантаження та чистий прибуток) та визначаються показники інвестиційної привабливості проекту (запас фінансової міцності,

рентабельність продажів та інвестицій, період окупності проекту);

7) визначається рівень ризикованості проекту, визначаються основні ризики проекту та шляхи їх запобігання (реагування на ризики).

С. Заходи з комерціалізації проекту

Цей етап спрямовано на пошук інвесторів та просування інвестиційної пропозиції (оферти). Він передбачає:

1. визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів;
2. складання інвест-пропозиції (оферти): стислої характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом;
3. планування заходів з просування оферти: визначення комунікаційних каналів та площадок та планування системи заходів з просування в межах обраних каналів;
4. планування ресурсів для реалізації заходів з просування оферти.

Означені етапи, реалізовані послідовно та вчасно – створюють передумови для успішного ринкового старту. Проте фахівці зі створення та розвитку стартап проектів окремо відзначають, що відсутність маркетингових знань та умінь, що уможливлують розробку ринково затребуваного проекту із вихідної ідеї, є основною причиною високого рівня банкрутств стартап компаній, і ця проблема може бути вирішена за рахунок навчання винахідників. Відповідно, основним призначенням даних Методичних рекомендацій є надання студентам знань щодо суті, основних принципів розроблення стратегії ринкового впровадження та маркетингового управління інноваційними у промислових галузях економіки, використання ефективних маркетингових інструментів просування високотехнологічних продуктів виробництва та послуг.

5.1. Опис ідеї проекту

В межах підпункту слід послідовно проаналізувати та подати у вигляді таблиць:

- 1) зміст ідеї (що пропонується);
- 2) можливі напрямки застосування;
- 3) основні вигоди, що може отримати користувач товару (за кожним напрямком застосування);
- 4) чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників.

Зміст ідеї. Пропонується створити інтелектуальну систему, яка оснований на використанні штучних нейронних мереж і забезпечує підтримку прийняття рішень відносно планування траєкторії переміщення мобільного робота.

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів.

1. Конкуренти в Україні відсутні через практичну відсутність фахівців в галузі Розумного дому, слабка технічна забезпеченість державних медичних закладів, відсутність розуміння необхідності створення таких систем.
2. Потенційні конкуренти практично відсутні через відсутність кваліфікованих фахівців та бажанням заробляти великі та “швидкі” гроші.
3. Товарів замінників нема. Закордонні аналоги коштують занадто дорого, що робить їх економічно не вигідними в Україні.
4. Споживачі – звичайні люди, університети, школи.

Таблиця 5.1.

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди
Використання мобільного робота для роботи у групі для аналізу середовища, побудови карти та планування оптимальних маршрутів за допомогою методу мурашиного алгоритму	Швидка побудова карт	Швидше можна поставити цілі на місцевості та почати роботу
	Оптимізація маршрутів	Продуктивна робота мобільних роботів що виконують завдання

Таблиця 5.2.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабкі сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Nist			
1.	Кроссплатформ	Можливість використання на різних пристроях	На ПК під ОС Windows		+	
2.	Собівартість	Низька	Висока			+
3.	Зручність	Зручний інтерфейс	Інтуїтивно не зрозумілий		+	
4	Точність	Висока	Висока			+

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу необхідно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару). Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 4.3):

1. за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
2. чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
3. чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 5.3.

Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Використання штучного інтелекту для обробки відео зображень УЗД та побудови підсистема підтримки прийняття рішень	Використання нечіткого логічного висновку	наявна	доступна
	Використання нечітких нейронних мереж	Необхідно доробити	доступна
	Використання гібридних нейронних мереж	Необхідно доробити	доступна

Ідея проекту – створити робототехнічну підсистему кліматконтролю. Технологія 1. Використання мікропроцесора Arduino UNO. Дана технологія наявна. Авторам проекту вона доступна. Обрана технологія реалізації ідеї проекту – технологія 1.

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап–проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	Біля 30
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100 млн.дол. США
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Дозвіл Міністерства охорони здоров'я
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність національним стандартам
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	R = 37%

На основі аналізу даних, наведених у таблиці можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження.

Таблиця 5.5.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Високоєфективна оцінка місцевості та робота у них	Шахтарські корпорації, геологічні фірми, геологічні інститути	стандарти	Висока якість товару

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють

ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. № 5.6-5.7).

Таблиця 5.6.
Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Вартість обладнання	Підвищення ціни	Зміна постачальників
2	Висококваліфікований обслуговуючий персонал	Відсутність	Організація підготовки висококваліфікованого обслуговуючого персоналу

Таблиця 5.7.
Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Об'єм продажу	Ріст попиту	Поставки додаткової кількості систем
2.	Функціонал діагностичної системи	Розширення можливостей системи	Реалізація розширення можливостей системи

Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 5.8)

Таблиця 5.8.
Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - олігополія	Домінує невелика кількість продавців, а вхід в галузь нових фірм обмежений високими бар'єрами.	Покращити рекламу
2. За рівнем конкурентної боротьби - національна	Між компаніями всередині країни	Розширити функціонал дії діагностичної системи
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Між компаніями всередині країни	Знизити вартість програмного забезпечення
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Конкуренція між товарами одного виду	Покращити якість діагностування
5. За характером конкурентних переваг - цінова і нецінова	Ведуться цінові війни, а також в нецінові форматі, за рахунок кількості і якості послуг, що надаються	Покращити якість діагностування
6. За інтенсивністю - не марочна	Використовуються прийоми, що ставлять учасників ринку в нерівне становище	Знайти підтримку у Міністерстві охорони здоров'я

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил М. Портера, додаток А) (табл. 5.9).

Таблиця 5.9.

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товар
	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Висновки:	Визначити Інтенсивність Конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	- чи є можливості входу в ринок? - чи є потенційні конкуренти? Строки виходу їх на ринок?	Чи постачальники диктують умови роботи на ринку? Які?	Чи клієнти диктують умови роботи на ринку? Які?	Обмеження для роботи на ринку через товари замінники

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо принципової можливості роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію. Також було зроблено висновок щодо характеристик, які повинен мати проект, щоб бути конкурентноспроможним на ринку.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 3.5 (табл. 5.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 5.2), вимог споживачів до товару (табл. 5.5) та факторів маркетингового середовища (табл. № 5.6-5.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за табл. 5.10

Таблиця 5.10.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Алгоритмічне забезпечення	Використовується штучний інтелект
2	Програмне забезпечення	Використовуються сучасні пакети з штучними нейронними мережами

Робиться висновок щодо характеристик (сильних сторін), які повинен мати проект, щоб бути конкурентоспроможним на ринку.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 5.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 5.11.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Робототехнічна підсистема планування траєкторії»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (назва підприємства)						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Час складання	18				+			
2	Можливість аналізу результатів	15			+				
3	Комплексний підхід	10					+		
4	Надійність	15					+		
5	Простота реалізації	10			+				
6	Якість	17		+				+	
7	Технічне обслуговування	15						+	

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл.

5.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 5.11).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 5.12.
SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшення часу визначення діагнозу; 2. Зменшення фінансових затрат на дослідження; 3. Краща надійність; 4. Краща якість продукції; 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Складність у визначенні алгоритму; 2. Затрати на обладнання; 3. Унікальне ПЗ для обробки результатів;
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Закріпитись на ринку товарів та послуг; 2. Конкурентоспроможність; 3. Іноземні інвестиції; 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Неможливість малих підприємств дозволити використання новітньої техніки;

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 5.9, аналіз потенційних конкурентів).

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 5.13).

Таблиця 5.13.

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Залучення нових споживачів — рекламувати товар в профільних установах для створення стійкого попиту та заохочення.	Ймовірність висока, оскільки якщо дана альтернатива виявиться новітньою розробкою, споживачі запитуватимуть продукт у посередників, а ті в свою чергу у виробника.	1 рік
2	Використовувати застарілий метод для роботи, адже більшість клієнтів на ринку не в змозі дозволити оновити виробництво	Ймовірність мала, оскільки існує альтернативна конкуренція на ринку.	6 місяців
3	Робота з сучасними представниками на ринку, в яких використання новітніх технологій витісняє застаріле.	Ймовірність висока, оскільки даний проект має велику кількість переваг.	5 місяців

Після аналізу зазначити обрану альтернативу. З означених альтернатив обирається та, для якої:

- а) отримання ресурсів є більш простим та ймовірним;
- б) строки реалізації – більш стислими.

Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 14).

Таблиця 5.14.

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Шахти	Готові	60%	Висока	Без обмежень
2	Компанії	Готові	15	Середня інтенсивність	Без обмежень
3	Склади	Готові	10	Низька інтенсивність	Без обмежень
4	Інститути	Готові, при наявності потреби	5	Низька інтенсивність	Без обмежень
5	Геологічні спілки	Готові, при наявності потреби	10%	Низька інтенсивність	Без обмежень
Які цільові групи обрано: шахти, компанії, склади, інститути, геологічні спілки.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій товар, та визначають стратегію охоплення ринку:

1. якщо компанія зосереджується на одному сегменті – вона обирає стратегію концентрованого маркетингу;
2. якщо працює із кількома сегментами, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу – вона використовує стратегію диференційованого маркетингу;
3. якщо компанія працює із всім ринком, пропонуючи стандартизовану програму (включно із характеристиками товару/послуги) – вона використовує масовий маркетинг.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку (табл. 5.15).

Таблиця 5.15.

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Встановлення низької ціни на новий товар для залучення більшої кількості покупців і завоювання великої долі ринку.	Стратегія диференційованого маркетингу	Комплексний підхід; доступність; простота реалізації; Мобільність; низькі затрати.	Стратегія диференціації

Висновки: обрана стратегія розвитку спеціалізація через існування на ринку більш сильніших гравців. На перших кроках існування проекту доцільніше обрати стратегію спеціалізації та зайняти певну стабільну нішу на ринку.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Висновки: оскільки проект не є першопрохідцем та має суттєві переваги по відношенню до свого прямого конкурента, можливо обрати стратегію виклику лідеру.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 5.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 5.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16) розробляється стратегія позиціонування (табл. 5.17). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 5.16.

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
2	Ні	Забирати існуючих у конкурентів.	Ні. Суть товару збільшити точність встановлення діагнозу, та зменшити час на його встановлення	Стратегія виклику лідера.

Таблиця 5.17

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Забезпечує високу точність діагностики; знижує витрати; більша надійність	Стратегія диференціації	Комплексний підхід; Точність; Економічність;	За показниками якості; За сферою застосування; За різновидом товару.

Висновки: На ряду із використання інноваційних методів підвищення точності, проект повинен викликати асоціації у клієнта у гнучкості

налаштування та діагностики, можливості після продажної підтримки та високої якості виготовлення.

5.3. Розробка ринкової стратегії

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 5.18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18.

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Точність	Забезпечує високу точність діагностики.	Точність забезпечується використанням інноваційної технології.
2	Економічність	зменшуються витрати на встановлення діагнозу	Зменшується час на постановку діагнозу

Висновки: в результаті визначення переваг концепції товару можливо створення цільової реклами товару та донесення цільового повідомлення до кінцевого клієнта.

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 5.19).

Висновки: основними засобами захисту від копіювання є патентування програмних та апаратних рішень, що використовуються у приладі. Окрім того, захист програмного коду повинен запобігти копіювання програми.

Таблиця 5.19.
Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічні	Нм	Вр
	2. Технічні	М	Тх
	3. Надійності	М	Тл
	4. Технологічні	М	Тх
	Якість: патент на корисну модель,		
	Пакування		
	Марка: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» Медична діагностична система		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: можливість аналізу та удосконалення системи.		
	Після продажу можливість створення нового ПЗ та модифікація існуючого		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист ПЗ			

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від копіювання. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 20).

Таблиця 5.20.

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	80000 \$	120000 \$.	10-15 0000000 \$.	100000/1500 00\$.

Висновки: обрано середню цінову категорію, оскільки занадто висока ціна відлякує споживача.

Таблиця 5.21.

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Звична купівля з деяким змінами, або модифікована закупівля. Вона передбачає придбання дещо змінених товарів (послуг), або зміну ціни на товар (послугу), або зміну кількості	Постачальник виконує такі основні функції: транспортування, складування, зберігання, доробка, просування до оптових і роздрібних торгових ланкам.	0 (без посередників)	Власна система збуту

Висновки: основними каналами збуту є підписка та продаж. Через відносно не велику цільову аудиторію немає сенсу використовувати підрядників для реалізації товару. Тому обрано нульовий рівень глибини каналу збуту та власна системи збуту.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 5.22).

Таблиця 5.22.

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на регулярні поставки	Формальні/неформальні канали комунікацій	Комплексний підхід; Доступність; Мобільність;	Інформування споживачів; Стимулювання продажу; Пошук вигідних партнерів;	Даний продукт є інноваційним та унікальним

Висновки до розділу

Першим кроком було відбір та висвітлення самої ідеї проекту. Для цього приведено назву проекту та можливі зацікавлені сторони, котрі будуть потенційними споживачами продукту та які саме ризики можуть бути під час реалізації. Аналіз слабких та сильних сторін дають можливість автору проекту визначити аспекти, на яких слід зробити ставку. Перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї дає можливість до уявлення конкурентноспроможності запропонованого рішення. Наступним кроком проводився технологічний аудит проекту. Під час аудиту автор отримує можливість до розуміння кращої технології виконання. Виявлено що більшість технологій вже існує, однак використання останніх не дасть можливості мати переваги над конкурентами. Зважаючи на стрімкий розвиток технологій, для швидкого отримання ресурсів та прибутків, слід обрати кооперацію, як форму ринкового впровадження проекту. Тобто, для того щоб встигнути за ринком, слід не розроблювати систему з нуля, оскільки це займе

доволі багато часу, а запропонувати лідерам ринку використання запропонованих програмних рішень. Звісно, це є альтернативою, оскільки в такому випадку ні одна зі сторін не отримає повного прибутку. Після аналізу всіх аспектів ринку, подальша імплементація проекту можлива. Але є одна важлива умова. Слід провести доволі сильну рекламну компанію, та донести до споживачів необхідність використання системи саме з підвищеною завадостійкістю та чому саме обрати нашу систему.

ВИСНОВОК

В даній роботі розглянута предметна область мобільних роботів, їх різновиди, основні модулі з яких вони складаються, та поставлена задача по створенню мобільного робота який міг би працювати автономно з мінімальним втручанням оператора.

Також розглянуто основні види алгоритмів переміщення мобільного робота, що разом з вивченням основних алгоритмів орієнтування у просторі дає нам можливість обрати алгоритм мурашиного орієнтування, що при доопрацюванні з використанням сучасних технологій дає можливість використовувати його для групи мобільних роботів.

В результаті роботи описані рекомендації щодо створення серверної частини системи, засоби збереження даних для обробки та засоби комунікації роботів між собою.

Отримані результати можуть застосовуватись при проектування та виробництві нових конструкцій та моделей мобільних роботів для роботи у групі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Нариньяни А.С., Телерман В.В., Ушаков Д.М., Швецов І.Є. Програмування в обмеженнях і недовизначених моделях // Інформаційні технології №7, 1998. М., Видавництво "Машинобудування". -С. 13-22
2. Невдяев Л. «CDMA: сигнали і їх властивості», 2000.
<http://www.osp.ru/nets/2000/11/141475/>
3. Іпатов В. П. «Широкополосні системи і кодове розділення сигналів. Принципи і програми ». Москва: Техносфера, 2007. 488с.
4. Карпов В. Е. «Про деякі особливості застосування недовизначених моделей в робототехніці», Зб. наукових праць.Т.1. М .: Физматлит, 2009, с. 370-532
5. Платонова М. В. «Використання шумоподібних сигналів ІК-діапазону для системи навігації мобільних роботів», Зб. «» Мобільні роботи і мехатронні системи ». М .: Вид-во Моск. Ун-ту, 2009, с. 76-155
6. Коловський М. З., Слоущ А. В. Основи динаміки промислових роботів. - М .: Наука, 1988. - 240 с. - (Наукові основи робототехніки). - ISBN 5-02-013893-2. - Стр. 7, 9.ариньяни А.С., Телерман В.В., Ушаков Д.М., Швецов І.Є. Програмування в обмеженнях і недовизначених моделей// Інформаційні технології №7, 1998. М., Видавництво "Машинобудування". -С. 13-22
7. Angelo J. A. Robotics: A Reference Guide to the New Technology. — Westport, Conn.: Greenwood Press, 2007. — xiv + 417 p. — ISBN 1-57356-337-4. — P. 40.
8. Handbook of Industrial Robotics. 2nd ed / Ed. by S. Y. Nof. — New York: John Wiley & Sons, 1999. — 1378 p. — ISBN 978-0-471-17783-8. — P. 3—5.

9. Angelo J. A. Robotics: A Reference Guide to the New Technology. — Westport, Conn.: Greenwood Press, 2007. — xiv + 417 p. — ISBN 1-57356-337-4. — P. 40.
10. Springer Handbook of Automation / Ed. by S. Y. Nof. — Berlin: Springer Verlag, 2009. — lxxv + 1812 p. — ISBN 978-3-540-78830-0. — P. 450.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Демонстрація визначення навантаженості маршруту

ДОДАТОК Б

Структурна схема адаптивного робота

ДОДАТОК В

Алгоритм Лі

ДОДАТОК Г

Схема персептрону

ДОДАТОК Д

Метод зворотнього розповсюдження помилки

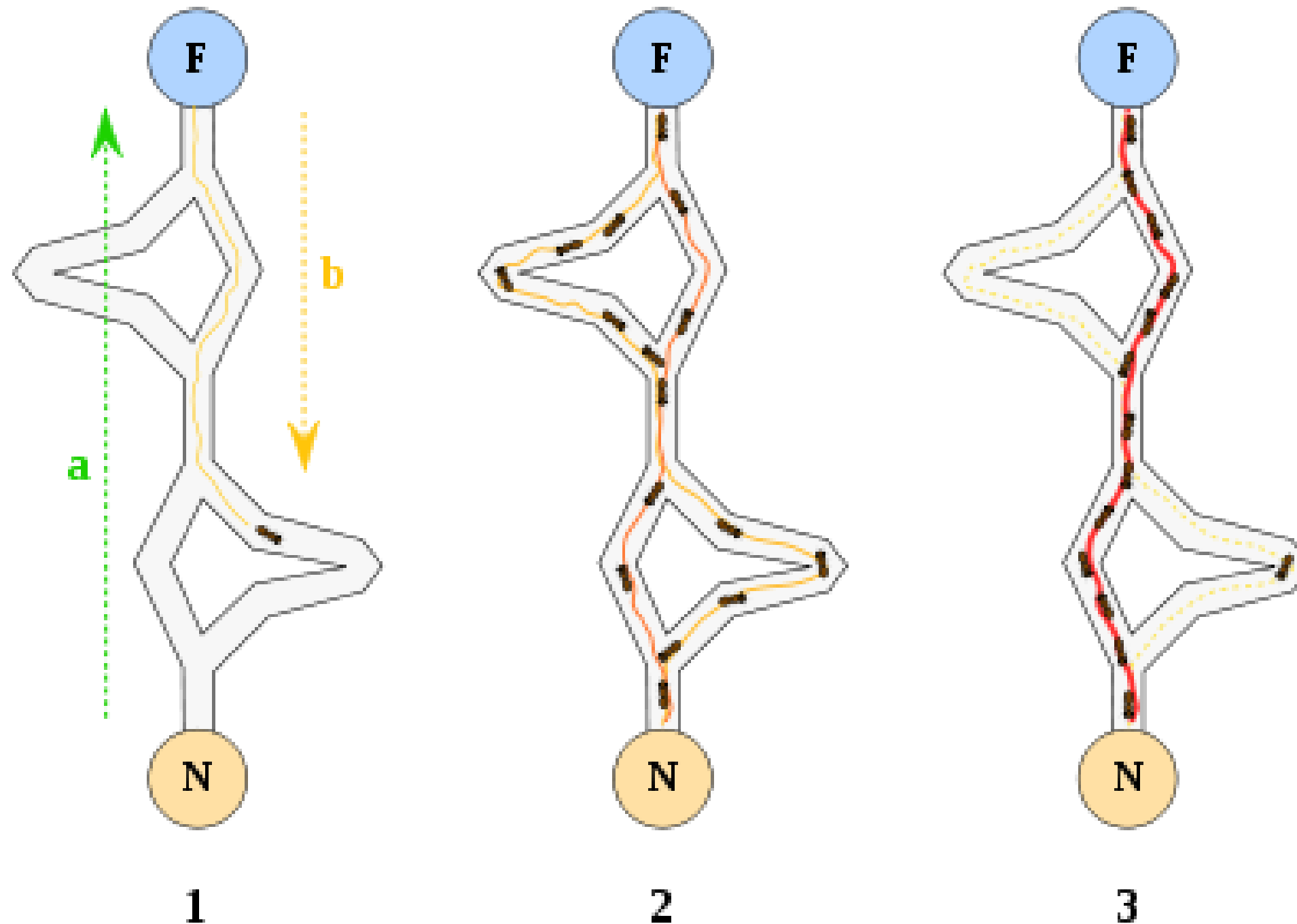
ДОДАТОК Е

Клієнт-серверна архітектура

ДОДАТОК Є

Перевірка на співпадіння

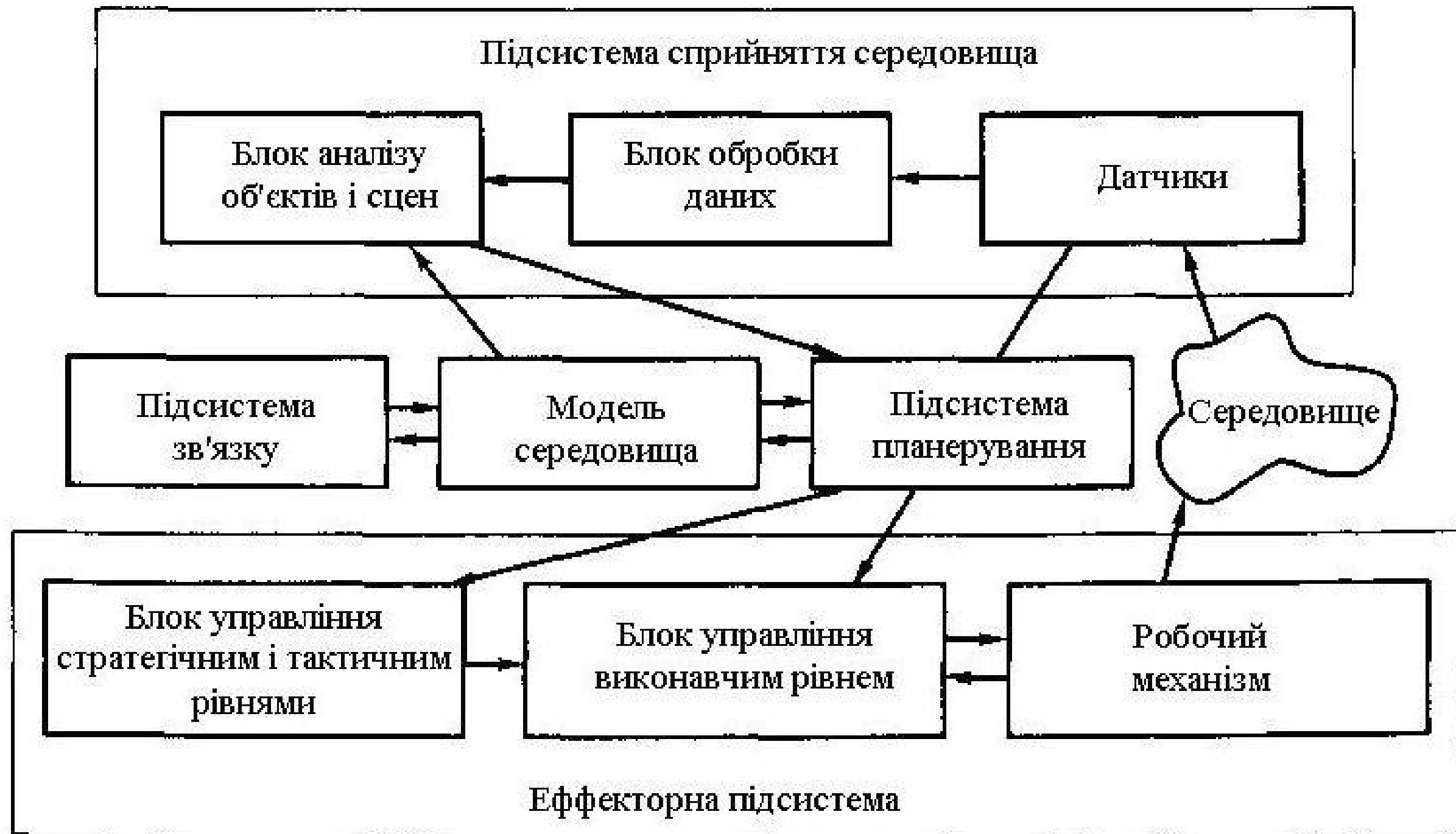
Демонстрація визначення навантаженості маршруту



Демонстраційний плакат №1
до магістерської дисертації на тему
«Планування траєкторії мобільного робота в умовах невизначеного
навколишнього середовища»

Розробив: Шевченко М.О.
Прийняв: к.т.н., доцент Ткач М.М.

Структурна схема адаптивного робота



Демонстраційний плакат №2
до магістерської дисертації на тему
«Планування траєкторії мобільного робота в умовах невизначеного
навколишнього середовища»

Розробив: Шевченко М.О.
Прийняв: к.т.н., доцент Ткач М.М.

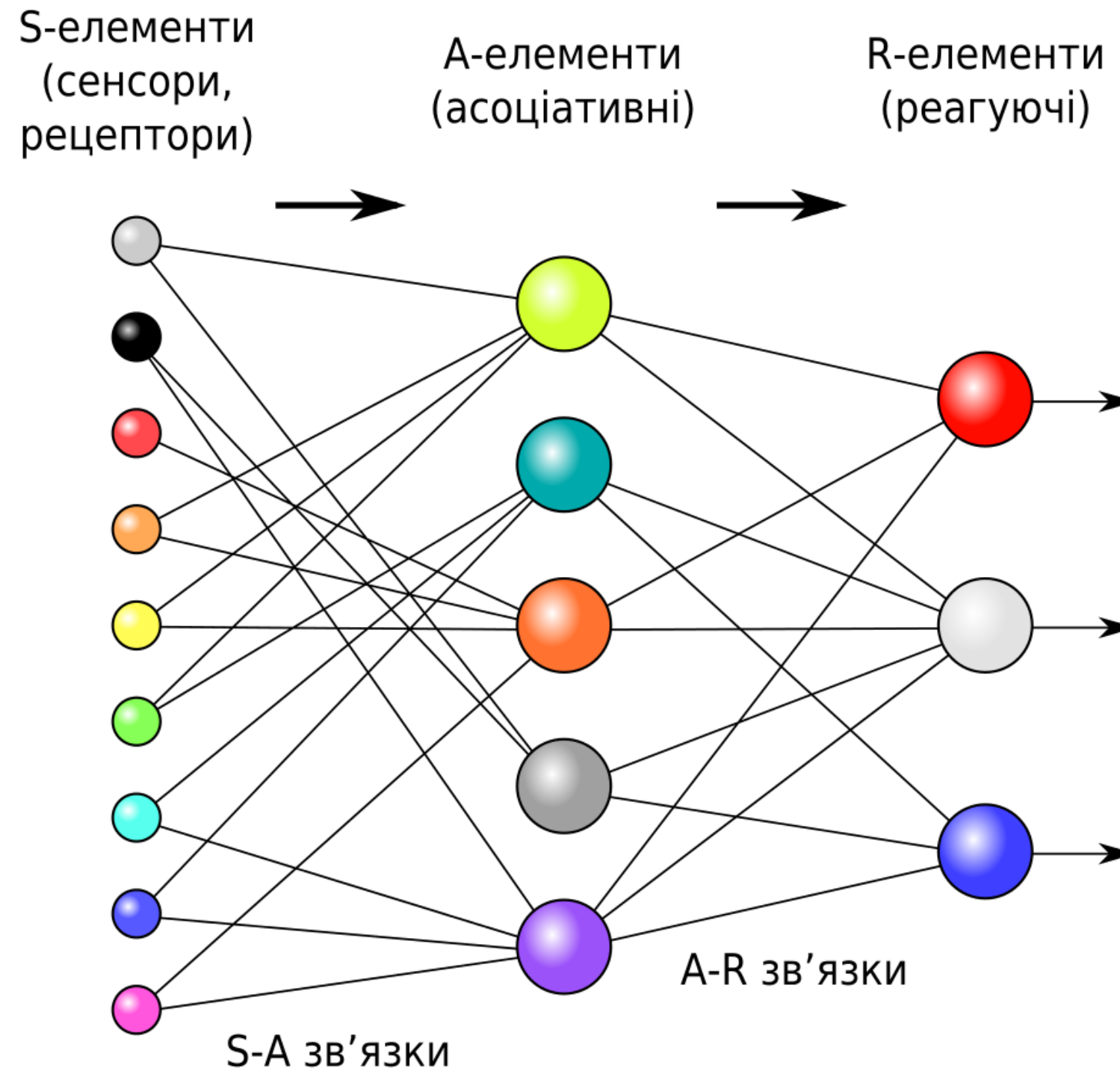
Приклад роботи алгоритму Лі

9	10		10	9	8	9	10	11	12	13	14
8	9		9	8	7	8	9	10	11	12	13
7	8	9	8	7	6	7	8	9	10	11	12
6	7	8	7	6	5	6	7			10	11
5					4	5	6	7	8	9	10
4	3	2	1	2	3	4	5	6			11
3	2	1	0	1	2	3	4	5			10
4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Демонстраційний плакат №3
до магістерської дисертації на тему
«Планування траєкторії мобільного робота в умовах невизначеного
навколишнього середовища»

Розробив: Шевченко М.О.
Прийняв: к.т.н., доцент Ткач М.М.

Схема персептрону



Демонстраційний плакат №4
до магістерської дисертації на тему
«Планування траєкторії мобільного робота в умовах невизначеного
навколишнього середовища»

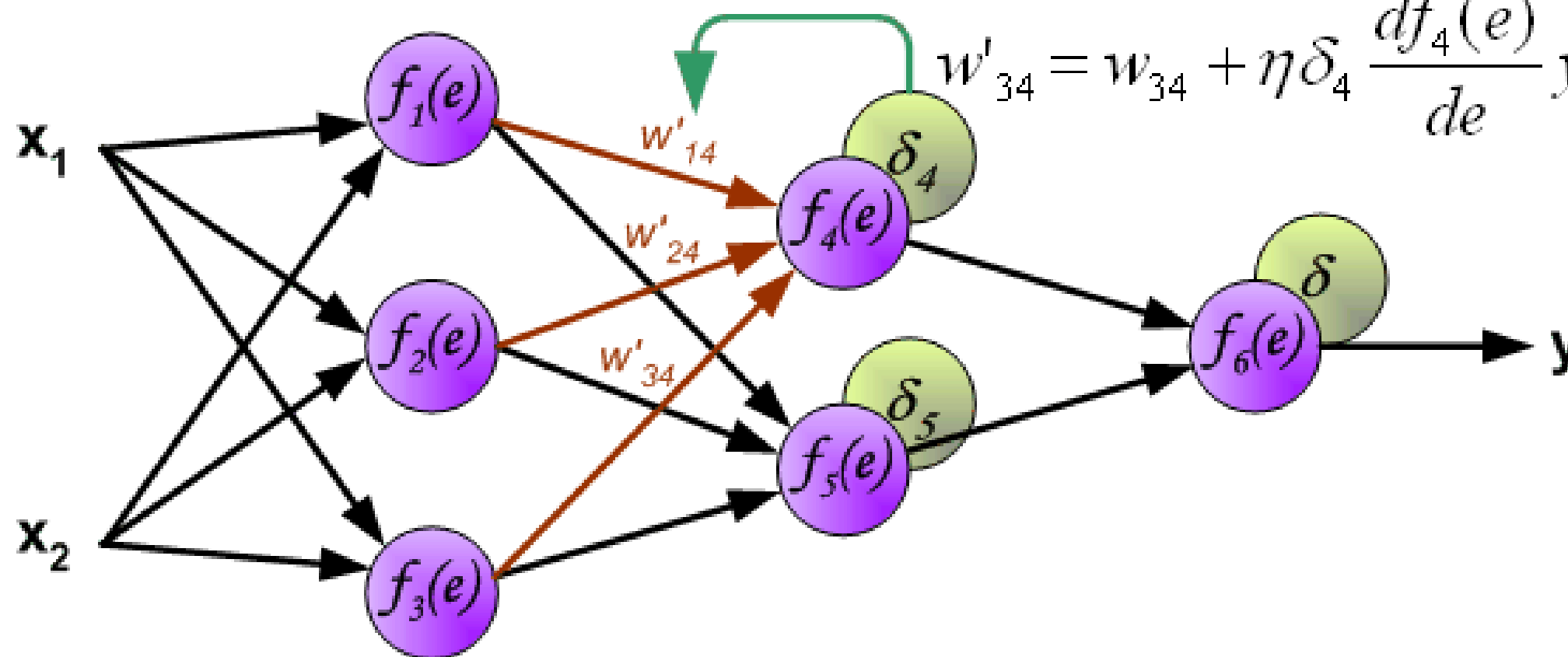
Розробив: Шевченко М.О.
Прийняв: к.т.н., доцент Ткач М.М.

Схема методу зворотнього розповсюдження помилки

$$w'_{14} = w_{14} + \eta \delta_4 \frac{df_4(e)}{de} y_1$$

$$w'_{24} = w_{24} + \eta \delta_4 \frac{df_4(e)}{de} y_2$$

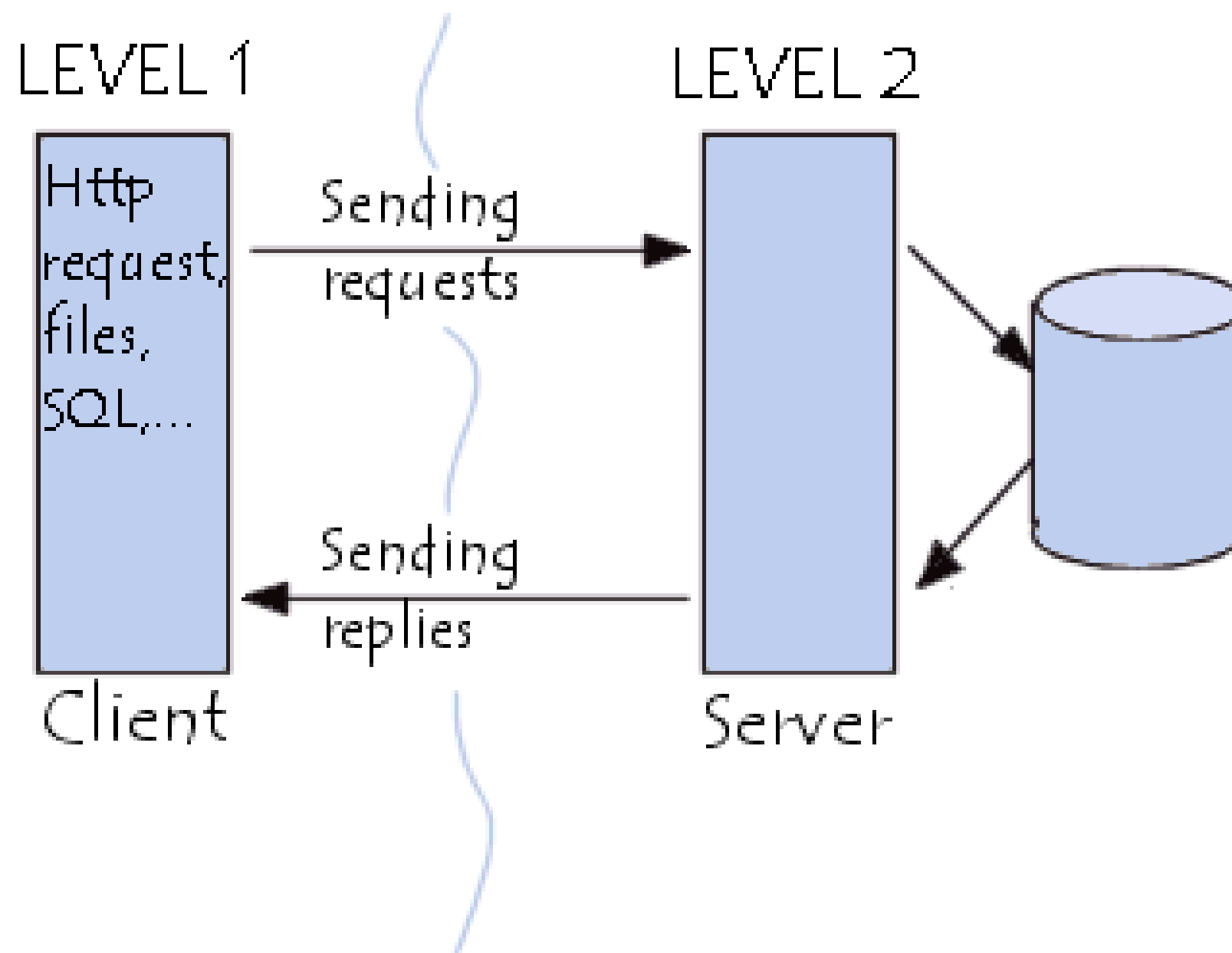
$$w'_{34} = w_{34} + \eta \delta_4 \frac{df_4(e)}{de} y_3$$



Демонстраційний плакат №5
до магістерської дисертації на тему
«Планування траєкторії мобільного робота в умовах невизначеного
навколишнього середовища»

Розробив: Шевченко М.О.
Прийняв: к.т.н., доцент Ткач М.М.

Схема клієнт-серверної архітектури



Демонстраційний плакат №6
до магістерської дисертації на тему
«Планування траєкторії мобільного робота в умовах невизначеного
навколишнього середовища»

Розробив: Шевченко М.О.
Прийняв: к.т.н., доцент Ткач М.М.